



Munich Personal RePEc Archive

Real options analysis and the value of flexibility for (wet) infrastructure

Bos, Frits and Zwaneveld, Peter

CPB Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis

21 May 2014

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/61506/>

MPRA Paper No. 61506, posted 21 Jan 2015 19:20 UTC



Centraal Planbureau

CPB Achtergronddocument | 21 mei 2014

Reële opties en de waarde van flexibiliteit bij investeringen in natte infrastructuur;

Lessen op basis van de vervangingsopgaven rondom het Volkerak-Zoommeer en de Grevelingen

Frits Bos
Peter Zwaneveld

**Reële opties en de waarde van flexibiliteit bij
investerings in natte infrastructuur; lessen op
basis van de vervangingsopgaven rondom het
Volkerak-Zoommeer en de Grevelingen**

Frits Bos en Peter Zwaneveld

Korte samenvatting

De reële-optiebenadering benadrukt dat de flexibiliteit van investeringsprojecten van grote waarde kan zijn en probeert deze waarde op basis van kansverdelingen voor de verschillende vormen van onzekerheid zo goed mogelijk te kwantificeren. In deze paper is onderzocht hoe de reële-optiebenadering op een praktische wijze kan worden toegepast op investeringen in natte infrastructuur, zoals de vervangingsopgave natte kunstwerken (VONK) en investeringen in het kader van het Deltaprogramma. Na een kort overzicht van de reële-optieliteratuur en van de rol van flexibiliteit in Nederlandse MKBA's is de reële-optiebenadering toegepast op de vervangingsopgaven van natte kunstwerken rondom het Volkerak-Zoommeer en de Grevelingen, zoals de capaciteitsproblemen bij de Volkeraksluizen. Een belangrijke conclusie is dat identificatie van de opties voor flexibiliteit vaak belangrijker is dan de precieze waardering van deze opties. Waardering is niet nodig als gevoeligheidsanalyse aangeeft dat een bepaalde optie voor flexibiliteit een 'no regret' oplossing is en altijd de voorkeur verdient boven de andere opties. Als wel waardering nodig is om een keuze te maken, dan kan de waarde van een optie het beste eerst op een heldere en indicatieve manier worden bepaald. Verdere verfijning van deze analyse kan contraproductief zijn: gelet op de vele onzekerheden en de volatiliteit van de waarde van opties hoeft dit niet te leiden tot betere raming van de waarde van een optie. Daarnaast leidt de extra complexiteit van de analyse in de praktijk vaak tot aanzienlijke nadelen voor communicatie en besluitvorming.

Abstract

The basic idea of real-options analysis is that flexibility has value. Increasing the flexibility of investment projects may therefore increase their value substantially. Ignoring the value of flexibility implies that erroneously investment projects without much flexibility may be preferred to more flexible alternatives. This paper investigates how real-options analysis can be applied to the Dutch practice of water infrastructure, like the replacement and maintenance of current water construction works (e.g. bridges, dams and sluices) and the new Delta program investments. The major conclusion is that identifying the various options for flexibility is usually more important than the estimation of their value. Estimation of the value is not necessary if sensitivity analysis indicates that a specific option for flexibility is a no-regret solution that is in all circumstances preferable to the other options. In case valuation is required to identify the best option, the best strategy is to start with simple and rough estimates using different sets of assumptions. Further refinement and improvement of these estimates could be counterproductive: considering the great uncertainty about future developments and the volatility of the value of options this will often not lead to much more accurate estimates. Furthermore, the increased complexity of the analysis will in practice often lead to substantial drawbacks in terms of communication and decision-making.

Inhoud

Voorwoord	6
Samenvatting en conclusies	7
1 Inleiding.....	14
2 Reële opties en investeringsanalyse	17
2.1 Introductie: financiële opties en reële opties.....	17
2.2 Reële opties en MKBA	22
2.3 Flexibiliteit in Nederlandse MKBA's	27
2.4 Discontovoet.....	30
2.5 Reële opties en Adaptief Deltamanagement.....	36
3 Reële opties en VONK.....	39
4 Reële opties en VONK Volkerak- en Krammersluizen.....	46
4.1 Inleiding.....	46
4.2 Capaciteitsuitbreiding Volkeraksluizen	50
4.3 Vervanging zoet-zoutscheiding Krammersluizen	58
5 Suggesties vervolg reële opties en natte infrastructuur.....	63
Literatuur	65
Bijlage 1. Flexibiliteit in Nederlandse MKBA's	70
Bijlage 2. Reële opties en strategische keuzes VZ&G.....	78

Voorwoord

Deze studie van het CPB heeft grote waarde voor kosten-batenanalyse van investeringen in infrastructuur in het algemeen. Het laat zien dat het identificeren van flexibele beleidsopties een cruciale eerste stap is in een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA). Het gaat bij deze opties om een andere timing, vormgeving, of maatvoering van beleid; of om extra onderzoek. In veel gevallen bestaan er relatief goedkope opties met een *no regret*-karakter. Expliciete raming van de waarde van de diverse opties van flexibiliteit ('reële-optieanalyse' of 'reële-optiebenadering') is slechts in een beperkt aantal gevallen nodig, kent onzekerheden en is moeilijk communiceerbaar. Dit wordt geïllustreerd met concrete investeringen in grotere sluizen bij het Volkerak-Zoommeer en de Grevelingen.

Bij het Deltaprogramma is actief gestreefd naar het meenemen van flexibele opties als onderdeel van Adaptief Deltamanagement. Dit heeft bijgedragen aan het niet doorgaan van zeer onrendabele maatregelen zoals een permanente flinke peilverhoging van het IJsselmeer. Deze aanpak waarin flexibiliteit veel aandacht krijgt, verdient navolging bij alle investeringen in infrastructuur en ruimte. Een analyse van reële opties is alleen in specifieke gevallen nodig.

Tegen deze achtergrond is het voor het ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M) aan te bevelen om voor alle ruimtelijke investeringsprojecten een aanpak van de beginfase te ontwikkelen die zorgt dat flexibele opties in onderzoeken en afwegingen worden meegenomen, naast opties voor grootschalige investeringen.

Prof. dr. Carl Koopmans (SEO Economisch Onderzoek en Vrije Universiteit Amsterdam)
Voorzitter Klankbordgroep Economische Analyse Deltaprogramma

Samenvatting en conclusies

Het grote belang van flexibiliteit

De toekomst is onzeker en daarom kan het inbouwen van flexibiliteit in investeringsprojecten van grote waarde zijn. Als investeringsprojecten worden beoordeeld op basis van één toekomstscenario en zonder gevoeligheidsanalyse wordt zelfs in het geheel niet meer gekeken naar de voordelen van flexibiliteit, terwijl wel eventuele kosten worden meegenomen. Dit kan daarom leiden tot verkeerde investeringsbeslissingen.

De kloof tussen de reële-optiebenadering in theorie en praktijk

Vanuit theoretisch perspectief is de reële-optiebenadering bij uitstek geschikt om bij investeringsbeslissingen goed rekening te houden met de kosten en baten van flexibiliteit. Deze benadering is vanaf de jaren negentig ook gebruikt door diverse bedrijven voor strategische investeringsbeslissingen. De reële-optiebenadering wordt echter nog steeds niet op grote schaal gebruikt door bedrijven; dit komt vooral omdat de praktische toepasbaarheid en relevantie minder groot bleek te zijn dan eerst werd verwacht. Bij overheidsinvesteringen is de reële-optiebenadering nog veel minder toegepast. Volgens de nieuwe Nederlandse leidraad voor maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) is de reële-optiebenadering in theorie veelbelovend, maar is de praktische toepasbaarheid nog een probleem. In enkele Nederlandse MKBA's op het gebied van infrastructuur en energie is wel aandacht besteed aan het inbouwen van flexibiliteit in de investeringsalternatieven, maar wordt geen raming gemaakt van de waarde van deze flexibiliteit.

In deze paper is onderzocht hoe de reële-optiebenadering op een praktische wijze kan worden toegepast op investeringen in natte infrastructuur, zoals op de grote vervangingsopgave in natte kunstwerken en de investeringen in het kader van het Deltaprogramma. Als concrete casus is gekeken naar de vervangingsopgaven rondom het Volkerak-Zoommeer en de Grevelingen. Hier is sprake van een complexe mix van korte- en langetermijn-investeringsopgaven voor natte infrastructuur. In hoeverre kan een reële-optiebenadering hier bijdragen aan betere investeringsbeslissingen? En wat is het verschil tussen een maatschappelijke kosten-batenanalyse van een investeringsproject zonder en met een reële-optiebenadering?

Wat is de reële-optiebenadering?

Over de reële-optiebenadering bestaan misverstanden. Het is geen alternatieve manier van projectevaluatie, maar past juist heel goed binnen een MKBA-achtige analyse van investeringsprojecten. Het komt erop neer dat de waarde van een investeringsproject met een specifieke optie van extra flexibiliteit wordt vergeleken met die van het project zonder die extra flexibiliteit. Op deze manier kan naar de beste investeringsstrategie worden gezocht. Dit illustreert ook dat de reële-optiebenadering - net als een MKBA - geen kookboek is met eenduidige recepten: het gaat telkens om maatwerk, waarbij goed gekeken moet worden naar het probleem, de specifieke omstandigheden, de investeringsalternatieven en de specifieke opties voor flexibiliteit. Bij investeringen in het kader van het Deltaprogramma

wordt de filosofie van Adaptief Deltamanagement gebruikt. Deze benadrukt ook het belang van flexibiliteit van investeringen en de reële-optiebenadering kan worden gezien als een kernbegrip en belangrijk onderdeel van het Adaptief Deltamanagement.

Investeringsprojecten in natte infrastructuur hebben vaak een samenhang met andere publieke en private investeringen. Hierbij kunnen timing (bijvoorbeeld korte versus lange termijn) en schaalniveau (bijvoorbeeld lokaal versus nationaal of op netwerkniveau) van de investeringsprojecten verschillen. Het leggen van verbindingen tussen verschillende investeringsprojecten is een belangrijk onderdeel van Adaptief Deltamanagement. Combinaties van investeringsprojecten moeten echter eerst apart en daarna pas als combinatie worden geanalyseerd. Alleen op deze manier kunnen de 'goede' van de 'slechte' projectalternatieven worden onderscheiden en kunnen eventueel synergie-effecten inzichtelijk worden gemaakt.

Vervolgens kan bij elk van deze analyses de reële-optiebenadering extra inzichten opleveren: wat zijn de kosten en baten van de diverse opties voor extra flexibiliteit? Directe toepassing van de reële-optiebenadering op combinaties van investeringsprojecten is echter niet verstandig en dit is ook in strijd met de algemene aanbevelingen voor MKBA's.

Kenmerk van de reële-optiebenadering is dat rekening wordt gehouden met verschillen in de mate van flexibiliteit en deze ook zo goed mogelijk probeert te waarderen. De baten van flexibiliteit bestaan eigenlijk uit twee componenten: het beperken van onnodige kosten als omstandigheden, kennis en voorkeuren veranderen en de extra baten door het flexibel kunnen inspelen op deze veranderingen. Voor beide componenten is het belangrijk om te investeren om kennis actueel te houden en waar mogelijk actief te vergroten, bijvoorbeeld door extra onderzoek.

Hoe kan de reële-optiebenadering praktisch worden toegepast?

De praktische toepassing van de reële-optiebenadering bestaat uit drie stappen:

1. Kijk naar alle opties voor flexibiliteit: niet alleen andere timing, maar ook andere vormgeving, maatvoering of extra onderzoek.
2. Zoek actief naar 'no regret' opties.
3. Als die er niet zijn, bepaal de waarde van de opties indicatief en kies dan de meest gunstige optie.

Eerste stap: wat zijn de opties voor flexibiliteit?

De eerste stap van de reële-optiebenadering is ook de belangrijkste, dat wil zeggen identificeer voor elk investeringsproject de verschillende mogelijkheden van flexibiliteit en kennisvergroting. Vaak worden diverse mogelijkheden over het hoofd gezien, of zonder nader onderzoek afgewezen of uitgesloten. Eén aspect van flexibiliteit is timing. Bepaal bijvoorbeeld of het economische meerwaarde heeft om de aanleg van een project uit te stellen. Men kan kijken of het uitstellen van het project met één jaar tot een verhoging van het rendement leidt (in OEI-leidraad 'first year rate of return' genoemd). Men kan ook kijken naar het uitstellen van het project naar het moment totdat er nieuwe informatie beschikbaar

is, of dat om andere redenen knik- en kantelpunten in kosten of baten ontstaan. Dit kan leiden tot helderheid welk projectalternatief het hoogste rendement heeft.

Tabel 1 Voorbeelden van flexibiliteit bij natte infrastructuur

Soort flexibiliteit	Voorbeeld
Timing: uitstel, faseren en combineren	Uitstel investering Zeesluis IJmuiden
	Volkerak-Zoommeer zout: eerst aanleg Roode Vaart voor betere zoetwatervoorziening, later misschien extra zoetwatervoorziening en VZ zout
	Volkeraksluizen: eerst versnelling schutproces, later misschien aanleg 4e kolk
	Renovatie van Afsluitdijk
Overdimensionering en reservering voor toekomstig gebruik	Levensduurverlenging bruggen door aanpassen staalconstructie, extra wapening van beton en moderne kunststofcoatings
	Volkeraksluizen: ruimte gereserveerd voor toekomstige sluis
	Spoorbrug extra sterk maken zodat eventueel een extra laag daarop gebouwd kan worden
	Autobrug met fietspad waarvan eventueel later ook extra rijbaan kan worden gemaakt
Innovatie en alternatieve oplossingen	Grond rond Grevelingen reserveren en gebruik aanpassen met het oog op mogelijke toekomstig gebruik voor waterberging
	Overhoogte en sterkte bij dijken
	Dijk zo aanleggen dat rijbaan daarover eventueel goedkoop kan worden uitgebreid
	Pompen voor waterveiligheid rond IJsselmeergebied ipv dijkverhoging
	Waterberging in Grevelingen en Volkerak-Zoommeer voor extra waterveiligheid
	Bellenscherm als zoet-zoutscheiding bij Volkerak-Zoommeer en Nieuwe Waterweg
	Als effectieve zoet-zoutscheiding heel duur is: zoutschade tijdelijk accepteren of compenseren
	Massaal afvangen brasems om waterkwaliteit te verbeteren in Volkerak-Zoommeer
	Solarbees (pomp op zonne-energie) om waterkwaliteit te verbeteren
	Geluidswal in Zwolle wordt ook gebruikt als nooddijk
	Grootschalige opslag van zoetwater onder de grond
	Balgstuw (opblaasbare dam) bij Ramspol als tijdelijke waterkering
Informatie verzamelen	Kustbescherming door het storten van zand voor de kust (zandmotor)
	Monitoring technische staat dijken en bruggen
	Monitoring functionaliteit natte kunstwerken, zoals bij sluis aantal en soort schepen en wachttijden
	Onderzoek knelpunten en flexibiliteit hoofdvaarwegen
	Onderzoek naar diverse manieren van zoet-zoutscheiding
	Onderzoek naar goedkope levensduurverlenging bruggen
	Onderzoek naar risico op dijkverschuiving en oplossingen daarvoor
	Onderzoek naar verbeteren vismigratie bij Afsluitdijk

Belangrijk kenmerk van de reële-optiebenadering is dat ook gedacht wordt aan het combineren van investeringsalternatieven afhankelijk van het verloop van de omstandigheden, bijvoorbeeld eerst een relatief goedkope oplossing voor de meest urgente problemen en daarna als blijkt dat daar behoefte aan is een duurdere oplossing met duidelijk meer capaciteit. Dit speelt bij de vervangingsopgave bij de Volkeraksluizen: hier kan waarschijnlijk het beste eerst het schutproces worden versneld en als het scheepsverkeer komende jaren aanzienlijk blijft groeien, kan alsnog worden besloten tot aanleg van de vierde kolk. Vaak zijn ook veel innovatieve of verrassende alternatieve oplossingen mogelijk, zoals pompen voor de waterveiligheid rond het IJsselmeer of een bellenscherm als zoet-zoutscheiding. Deze oplossingen gaan vaak gepaard met extra onderzoek en experimenteren in de praktijk.

Bij investeringen in natte infrastructuur zijn vele vormen van flexibiliteit relevant. Een uitgebreide set van voorbeelden van flexibiliteit voor natte infrastructuur in Nederland wordt gegeven in tabel 0.1. Aansluitend op deze voorbeelden is in de tabel gekozen voor simpele en pragmatische indeling naar vier vormen van flexibiliteit: timing (uitstel, faseren en combineren), overdimensionering en reservering voor toekomstig gebruik, innovatie en alternatieve oplossingen en informatie verzamelen (monitoring, onderzoek en experimenteren). In de literatuur over reële opties wordt echter een iets andere indeling gehanteerd. Bekende soorten reële opties zijn dan opties tot uitstel, gefaseerd investeren, opties om schaalgrootte te veranderen (kleiner, groter), opties om af te stoten (bijvoorbeeld verkoop van activa), opties om te switchen (bijvoorbeeld andere inputs of andere outputs), opties om later goed te kunnen groeien (bijvoorbeeld investering in onderzoek of recht op ontwikkeling oliereserves) en opties om verschillende opties te combineren.

Tweede stap: zoek 'no regret' opties

Na de eerste verkenning van de opties voor flexibiliteit, kan als tweede stap actief worden gezocht naar 'no regret' opties. Doe bijvoorbeeld een 'reguliere' gevoeligheidsanalyse met verschillende scenario's. Mogelijk blijkt dan dat het inbouwen van een bepaalde mate van flexibiliteit in een projectalternatief in alle scenario's rendabel is. Waardering van de opties is dan niet nodig. Dit is een les die ook blijkt uit de enkele Nederlandse MKBA's waarin wel aandacht is besteed aan het inbouwen van flexibiliteit in de investeringsalternatieven.

Het opstellen van een beslisboom is vaak heel nuttig

Bij deze eerste twee stappen van de toepassing van de reële-optiebenadering bleek voor de vervangingsopgaven rondom het Volkerak-Zoommeer en de Grevelingen het opstellen van een beslisboom zeer belangrijk en nuttig. Dit vergroot het inzicht in het probleem en de mogelijke oplossingen, inclusief de diverse opties voor extra flexibiliteit en kennis. Onze ervaring is dat vaak na het schetsen van enkele versies van de beslisboom het probleem en de mogelijke oplossingen helder worden. Ook kan een beslisboom een belangrijk hulpmiddel zijn om met derden te overleggen over de mogelijke oplossingen.

Derde stap: de raming van de waarde van extra flexibiliteit en kennis

Naar analogie van financiële opties wordt bij de reële-optiebenadering ook een poging gedaan de waarde van extra flexibiliteit en kennis te bepalen. De waarde van deze opties is echter onzeker en volatiel in de tijd. Om de waarde van een optie uit te kunnen rekenen is goede informatie nodig over de kansverdeling van verschillende soorten onzekerheden. Bij natte infrastructuur zijn de onzekerheden over de demografische en economische ontwikkeling en de mate van klimaatverandering belangrijk. Hiervoor worden scenario's opgesteld door CPB (economie) en KNMI (klimaatverandering). Deze organisaties kennen echter geen kansen toe aan de verschillende scenario's. Het is wel mogelijk om een kansverdeling te bepalen los van de scenario's, maar dat werkt alleen als een beperkt aantal indicatoren centraal staat (bijvoorbeeld economische groei en zeespiegelstijging). Ook moet rekening worden gehouden met de mogelijkheid dat deze kansverdelingen 'dikke staarten' (een relatief grote kans op extreme uitkomsten) hebben en dat de uitkomsten hierdoor sterk worden beïnvloed. Daarnaast zijn bij natte infrastructuur nog diverse andere onzekerheden relevant, zoals over de politieke besluitvorming, de uitvoeringspraktijk en de technologische

ontwikkeling. Een goed beeld van de optiewaarde kan in principe slechts worden verkregen als voor al deze onzekerheden goede kansverdelingen beschikbaar zijn.

Toch kan op basis van actuele informatie en verschillende veronderstellingen een ruwe indruk worden gekregen van de optiewaarde. Dit kan de conclusies over rendabele en niet-rendabele investeringsopties aanzienlijk verscherpen. Bijvoorbeeld, wat is de waarde van capaciteitsuitbreiding in de Volkeraksluizen voor twee verschillende economische scenario's?; wat is de waarde uitgaande van een 50%-50% kansverdeling op de twee scenario's; en wat is de break-even-kansverdeling? Hoe verandert de waarde als de periode van uitstel wordt vergroot of verkleind? In welke mate wordt dit beïnvloed door mogelijke synergie-effecten met andere publieke of private projecten? Wat is de kans op succes van extra onderzoek en wat is de omvang van de baten bij succes? Hoe verhoudt zich dit tot de kosten van dit extra onderzoek?

De keuze van de discontovoet bij het bepalen van de waarde van een optie is niet vanzelfsprekend, omdat een belangrijk kenmerk van reële opties is dat per projectalternatief de risico's kunnen verschillen en deze ook in de tijd kunnen variëren. De te hanteren discontovoet hangt weer af van de mate van risico. Een pragmatische oplossing is dan een aanpak in twee stappen. Als eerste stap kan, in aansluiting op de Nederlandse MKBA-praktijk en MKBA-voorschriften, de netto contante waarde van diverse opties worden bepaald op basis van een vaste discontovoet van 5,5% (met eventueel ook gevoeligheidsanalyse op basis van 4% en 7%). Bij de vergelijking van opties kan vervolgens als tweede stap rekening worden gehouden met eventuele verschillen in onzekerheid. Dit kan kwalitatief, maar kan ook goed gemotiveerd op basis van veronderstellingen en inzichten empirisch nader worden ingevuld. Verdere verfijning van deze analyse is echter vaak contraproductief: gelet op de vele onzekerheden en de volatiliteit van de waarde van opties leidt dit meestal niet tot een veel betere raming van de waarde van een optie. Daarnaast leidt de extra complexiteit van de analyse in de praktijk vaak tot aanzienlijke nadelen voor communicatie en besluitvorming.

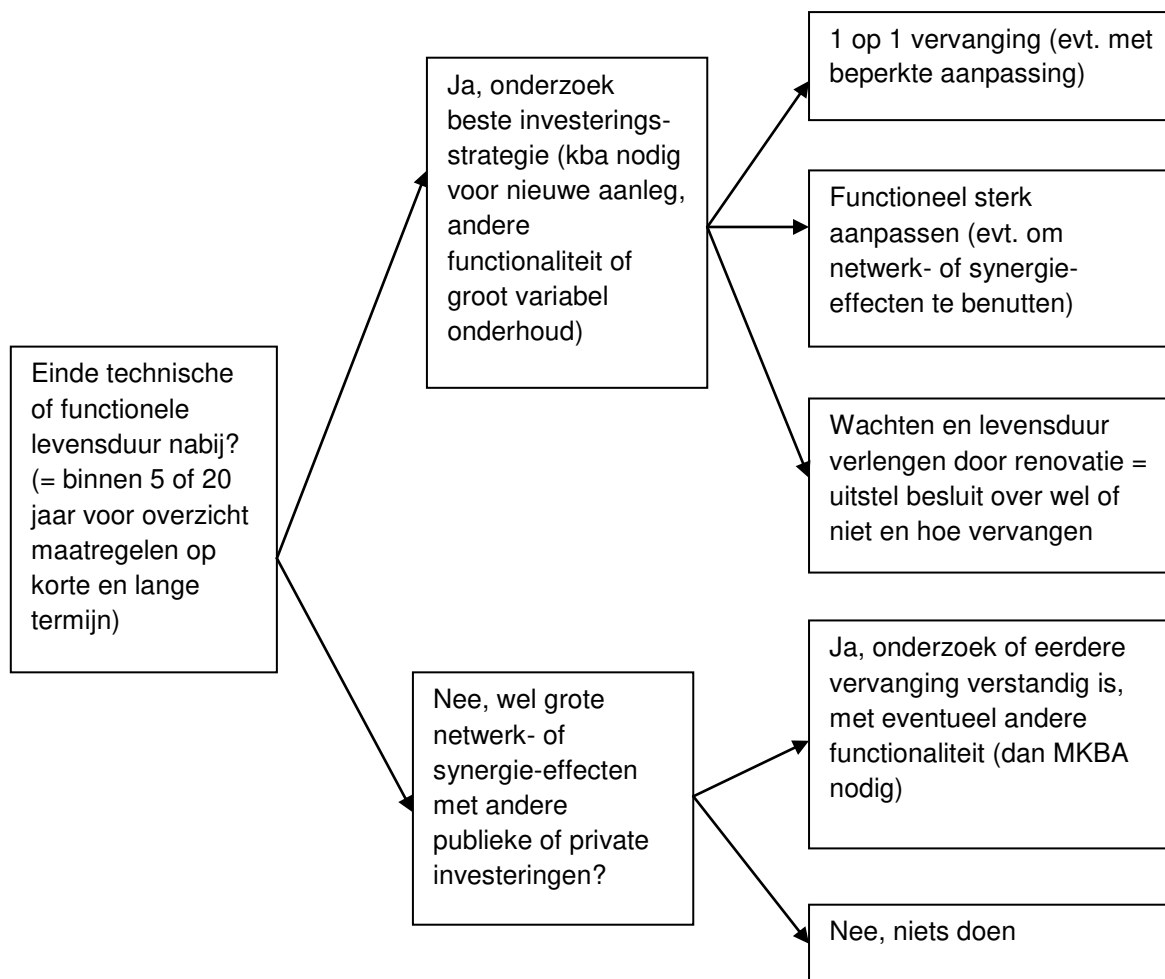
Het verschil tussen kosten-batenanalyse met en zonder reële-optiebenadering

In veel maatschappelijke kosten-batenanalyses wordt maar beperkt gekeken naar de flexibiliteit van een investeringsproject, bijvoorbeeld door het uitvoeren van een gevoeligheidsanalyse met een alternatief economisch scenario. Meerwaarde van de reële-optiebenadering zit in elk van de drie stappen van de praktische aanpak. Bij de eerste stap wordt veel meer aandacht dan gebruikelijk besteed aan het zoeken en identificeren van flexibele opties. Bij de tweede stap wordt actief gezocht naar no-regret opties. En tot slot wordt als dergelijke opties afwezig zijn in de derde stap geprobeerd door een indicatieve raming van de waarde van de opties de investeringskeuze beter te onderbouwen. Deze laatste stap is in de praktijk echter vaak overbodig, omdat vaak een 'no regret' optie kan worden gevonden; een groot deel van de meerwaarde van de reële-optiebenadering bij kosten-batenanalyse ligt daarom in de praktijk verrassenderwijs vooral bij de eerste twee stappen.

Lessen voor investeringen in natte infrastructuur en vervolg

Bij de vervangingsopgave natte kunstwerken zijn voor het gebruik van de reële-optiebenadering twee invalshoeken relevant (zie figuur 0.1). De eerste invalshoek is: als het einde van de technische of functionele levensduur nabij is, wat is dan de beste investeringsstrategie: 1 op 1, functionele aanpassing, renovatie? De tweede invalshoek is: als het einde van de technische of functionele levensduur niet nabij is, kan eerdere vervanging misschien toch verstandig zijn gelet op de netwerk- of synergie-effecten met andere publieke of private investeringen, zoals groot onderhoud van dijken, investeringen in het kader van het Deltaprogramma en regionale investeringsagenda's. Uitgaande van deze twee invalshoeken kan een stappenplan worden gebruikt voor besluitvorming over de vervangingsopgave natte kunstwerken. Als bijvoorbeeld inderdaad het eind van de technische of functionele levensduur nabij is, kunnen vier vragen worden gesteld, zoals kan de levensduur goedkoop worden verlengd en is er sprake van samenhang met andere investeringen? Als vier maal "nee" wordt geantwoord, dan moet 1 op 1 worden vervangen; in alle andere gevallen is een uitgebreide analyse van investeringsanalyse inclusief reële-optiebenadering belangrijk als input voor verdere besluitvorming.

Figuur 1 Beslissingsschema vervangingsopgave natte kunstwerken (enigszins vereenvoudigd)



Dit onderzoek geeft aan dat de reële-optienadering voor investeringen in natte infrastructuur praktisch toepasbaar is en een belangrijk hulpmiddel kan zijn om het belang van flexibiliteit beter mee te wegen bij investeringsbeslissingen. Hiervoor zijn echter nog wel diverse vervolgstappen nodig, zoals actieve monitoring van technische en functionele staat van dijken en natte kunstwerken, nader onderzoek naar de opties voor flexibiliteit per type infrastructuur en voor flexibiliteit op regionaal en landelijk netwerkniveau. Ook kan worden geëxperimenteerd met waardering van flexibiliteit. De casus die in dit rapport wordt uitgewerkt betreft namelijk op zichzelf al ingewikkelde materie. Het toevoegen van het waarden van een reële optie maakt het nog ingewikkelder. Specifiek aandachtspunt bij het experimenteren met de waardering van flexibiliteit is dat rekening moet worden gehouden met de mogelijkheid van asymmetrische kansverdelingen en kansverdelingen met ‘dikke staarten’.

Essentieel is voorts dat in het besluitvormingsproces voldoende aandacht, tijd en ruimte is voor het verkennen van de opties voor flexibiliteit. Hierbij moet op een interactieve manier gebruik worden gemaakt van de inbreng van diverse disciplines, zoals civiel-ingenieurs, hydrologen, ecologen, planologen en economen, en de belangrijkste stakeholders. Belangrijk hierbij is wel dat dit interactieve verkenningsproces naar opties voor flexibiliteit voldoende wordt gestroomlijnd. Risico is anders dat het besluitvormingsproces wordt verlamd of zeer inefficiënt wordt.

Samengevat betekent een reële-optiebenadering bij natte infrastructuur dat –in lijn met de aanpak van Adaptief Deltamanagement bij het Deltaprogramma—wordt gekozen voor een flexibele aanpak gebaseerd op gefaseerde besluitvorming en meer kleine maatregelen. Deze aanpak stelt ons in staat om te leren hoe onzekerheden zoals economie, techniek en klimaat zich ontwikkelen en vervolgens maatregelen te nemen die daarbij passen. Met goede monitoring, gericht onderzoek en bewust experimenteren kan het leerproces worden versneld en de besluitvorming over natte infrastructuur worden verbeterd.

1 Inleiding¹

Bij strategische investeringsbeslissingen van allerlei soorten bedrijven, zoals energiebedrijven, projectontwikkelaars en vliegtuigmaatschappijen, wordt regelmatig gebruik gemaakt van de reële-optiebenadering. De reële-optiebenadering benadrukt dat flexibiliteit van investeringsprojecten van grote waarde kan zijn en probeert op basis van een aantal veronderstellingen ook een raming te maken van de waarde van deze flexibiliteit.

Als nadeel van de reële-optiebenadering wordt echter vaak genoemd dat deze weliswaar in theorie de mogelijkheid biedt tot het bepalen van de waarde van opties, maar dat dit in de praktijk toch tegenvalt. In de nieuwe Nederlandse leidraad² voor maatschappelijke kosten-batenanalyse wordt bijvoorbeeld gesteld: “Er zijn nog belangrijke struikelpunten bij de toepassing van de reële-optieanalyse in het kader van MKBA. Om die reden bevelen we in deze leidraad deze methode niet aan als standaardpraktijk.” (Romijn en Renes, 2013, p. 162).

Vandaar dat nader onderzoek gewenst is naar de praktische toepasbaarheid van de reële-optiebenadering. Op verzoek van Rijkswaterstaat (RWS) en het Deltaprogramma wordt in dit rapport onderzocht hoe de reële-optiebenadering op een praktische manier kan worden toegepast op groot onderhoud en (vervangings-)investeringen in natte kunstwerken, zoals bruggen, stormvloedkeringen sluizen en gemalen. In het werkprogramma van de CPB-kennisunit voor infrastructuur en ruimtelijke economie (KIRE) wordt het doel van dit onderzoek als volgt verwoord:

“Hoewel de waarde van flexibiliteit door het CPB in enkele MKBA’s expliciet in geld is uitgedrukt, is er dringende behoefte aan een eenvoudig en breed toepasbare methode om deze waarde te kunnen uitrekenen, zodat het waarden van flexibiliteit consequent en consistent wordt toegepast in de economische analyse van strategieën en projecten. Dit onderzoek zou moeten landen in een geïntegreerde visie op en aanpak van reële opties en de discontovoet en zal toegepast worden op het Deltaprogramma via het zogenaamde adaptieve deltamanagement, en bij Rijkswaterstaat via de Vervangingsopgave Natte Kunstwerken.”

Als te onderzoeken casus is gekozen voor de korte- en langetermijnvervangingsopgaven van natte kunstwerken (VONK) rond het Volkerak-Zoommeer en Grevelingen. Bij de vervangingsopgave natte kunstwerken rond het Volkerak-Zoommeer en de Grevelingen, spelen op korte termijn vervangingsvragen, omdat diverse natte kunstwerken technisch of functioneel het einde van de levensduur naderen. Bij de Krammersluizen is de zoet-zoutscheiding technisch verouderd. Bij de Volkeraksluizen, de grootste en drukst bevaren binnenvaartsluizen van Europa, dreigen de wachttijden op te lopen tot boven de afgesproken

¹ Jan van Donkelaar, Paul van den Hoek, Marcel Tosserams, Esther Uytewaal, Maarten van der Vlist, Gerra Witting, André Wooning (allen RWS), Pieter Grinwis en Pieter Bloemen (beide Staf Deltaprogramma), Gigi van Rhee (Stratelligence), Ekko van Ierland, Matthijs Kok, Carl Koopmans en Gusta Renes (allen leden van de Klankbordgroep Economische Analyse Deltaprogramma), Rob Aalbers, Carel Eijgenraam en Free Huizinga (allen CPB) worden bedankt voor commentaar op eerdere versies.

² De onderbouwing van deze uitspraak is overigens voor een belangrijk deel gebaseerd op dit rapport.

wachttijdnorm. Beide vervangingsvraagstukken kunnen in termen van kosten en baten niet los worden gezien van de strategische keuzes over Volkerak-Zoommeer en het Grevelingen. Als bijvoorbeeld op korte termijn wordt besloten het Volkerak-Zoommeer zout te maken, is zoet-zoutscheiding bij de Krammersluizen slechts tijdelijk nodig. Ook vervalt dan de keuzemogelijkheid om de wachttijden bij de Volkeraksluizen te verminderen door een semi-open verbinding tussen het zoete Hollandsch Diep en het Volkerak-Zoommeer.

Bij de analyse van de praktische toepasbaarheid van de reële-optiebenadering voor deze casus wordt gebruik gemaakt van informatie uit diverse Maatschappelijke Kosten-batenanalyses (MKBA's) uit 2012 en andere onderzoeksrapporten. Deze informatie en de bijbehorende analyse dienen alleen ter illustratie van de reële-optiebenadering. Het betreft geen uitgetrilde en zelfstandige analyse van de korte- en langetermijnvervangingsproblematiek rond het Volkerak-Zoommeer en Grevelingen. Dit laatste is ook nog niet mogelijk, omdat op diverse belangrijke punten nog nader onderzoek wordt gedaan. Tijdens het schrijven van dit rapport wordt ook gewerkt aan een nieuwe MKBA over de strategische keuzes rondom het Volkerak-Zoommeer en de Grevelingen. Het CPB is gevraagd over deze nieuwe MKBA een second opinion te geven.

In hoofdstuk 2 wordt eerst de reële-optiebenadering en het gebruik hiervan voor investeringsanalyse van infrastructuurprojecten uitgelegd. Ook worden overeenkomsten en de verschillen met een gewone netto contante waardeberekening toegelicht. Vervolgens wordt kort gekeken naar de Nederlandse MKBA-praktijk: in hoeverre worden daar al de basisideeën en berekeningen van de reële-optiebenadering gebruikt? In een aparte bijlage wordt dit voor zes MKBA's nader toegelicht. Tot slot wordt de keuze van de discontovoet besproken en wordt aangegeven in hoeverre de reële-optiebenadering aansluit op het concept van Adaptief Deltamanagement, zoals dat in het kader van het Deltaprogramma wordt gehanteerd.

In hoofdstuk 3 wordt de relatie gelegd met de vervangingsopgave natte kunstwerken. Wat zijn de belangrijkste kenmerken van de vervangingsopgave natte kunstwerken en in hoeverre passen deze binnen de reële-optiebenadering? Aan het eind van het hoofdstuk wordt een pragmatische aanpak van de reële-optiebenadering geformuleerd.

In hoofdstuk 4 wordt deze pragmatische aanpak van de reële-optiebenadering toegepast op de vervangingsopgaven bij de Volkerak- en Krammersluizen. In een aparte bijlage (bijlage 2) wordt onderzocht in hoeverre de reële-optiebenadering kan helpen bij het analyseren van drie hiermee samenhangende strategische keuzes:

- Moet het Volkerak-Zoommeer zout worden met beperkt getij?
- Moet beperkt getij in het Grevelingen worden geïntroduceerd?
- Moet niet alleen het Volkerak-Zoommeer, maar ook het Grevelingen als waterberging worden gebruikt?

Ook wordt gekeken in hoeverre hierbij sprake is van synergie-effecten tussen deze drie strategische keuzes en met de vervangingsopgaven bij de Volkerak- en Krammersluizen.

Indien dit het geval is, zou hierbij ook de reële-optiebenadering extra inzichten kunnen bieden.

Suggesties voor nadere uitwerking en toepassing van de reële-optiebenadering bij investeringen in natte infrastructuur worden gedaan in hoofdstuk 5.

2 Reële opties en investeringsanalyse

2.1 Introductie: financiële opties en reële opties

De reële-optiebenadering

Ruim 2500 jaar geleden werd de Griekse filosoof Thales schatrijk door reële opties.³ Na vele jaren van droogte en een blik op de sterren die volgens hem een rijke olijfoogst voorspelden, kocht hij goedkoop alle rechten op het gebruik van olijfpersen in de omgeving van Milete op. Toen vervolgens de oogst van olijven inderdaad overvloedig bleek te zijn, kon hij de olijfpersen weer duur verhuren aan de olijfboeren.⁴ De reële-optiebenadering is dus niet nieuw. Wel wordt deze sinds eind jaren zeventig van de vorige eeuw in het bedrijfsleven wereldwijd meer en meer gebruikt om investeringsbeslissingen te onderbouwen en te verbeteren (Trigeorgis, 1999). Het gaat hier om veel verschillende soorten investeringen, zoals in oliewinning, energiecentrales, vliegtuigen, vastgoed en onderzoek in medicijnen.

Bij een onzekere toekomst heeft een flexibele investeringsstrategie, die zich aanpast naar gelang de veranderende omstandigheden en inzichten, vaak grote voordelen. Door bijvoorbeeld eerst klein te beginnen met een nieuw product, olieboring of onderzoeksproject kan een ondernemer kijken of het product aanslaat en waar nodig aanpassingen maken aan het product of de marketing. Als echt duidelijk is dat het product geen toekomst heeft, kan dit investeringsproject tegen geringe kosten worden beëindigd. Als het wel toekomst lijkt te hebben, kan geleidelijk aan schaalvergroting worden gedacht. Als tijdelijk de economische omstandigheden tegenzitten, kan de beslissing tot schaalvergroting een tijd worden uitgesteld.

Kenmerk van de reële-optiebenadering is dat rekening wordt gehouden met de waarde van dergelijke flexibiliteit. Bij de gewone (statische) netto contantewaardemethode wordt de waarde van een investeringsproject bepaald door de verwachte toekomstige kasstromen bij één toekomstscenario te disconteren met een risicovrije rentevoet plus een risico-opslag. Bij deze methode wordt bij het vergelijken van investeringsalternatieven wel de extra kosten van flexibiliteit van een alternatief meegenomen en de baten van deze flexibiliteit bij dat ene toekomstscenario, maar niet de baten als de toekomst onverwacht anders uitpakt. Dit kan tot een verkeerde keuze van investeringsalternatieven leiden omdat de waarde van flexibiliteit hiermee onvoldoende recht wordt gedaan.

Volgens de gewone netto contantewaardemethode moet niet worden geïnvesteerd als de netto contante waarde op basis van de toekomstige kasstromen (van dus een toekomstscenario) negatief is. Volgens de reële-optiewaardebenadering kan als de waarde van de optie voor extra flexibiliteit hiervoor voldoende compensatie biedt toch een positieve

³ Zie Aristoteles (2012), p. 54.

⁴ Dit is niet alleen een oud voorbeeld van de reële optiebenadering, maar ook een oud voorbeeld van het misbruik van een monopoliepositie.

verwachte netto contante waarde resulteren. Ook als de gewone netto contantewaardemethode een positief resultaat laat zien kan de reële-optiebenadering nuttig zijn, namelijk door te laten zien dat als ook rekening wordt gehouden met de waarde van flexibiliteit het verwachte rendement nog hoger is. Vanuit dit meer dynamische perspectief moet de waarde van een investeringsproject gezien worden als de som van de gewone netto contante waarde plus de optiewaarde van de flexibiliteit.

Zonder onzekerheid is de waarde van flexibiliteit nul. Zonder de mogelijkheid tot uitstel of fasering of verschillende opties voor vormgeving, is er überhaupt geen sprake van flexibiliteit. Als de onzekerheid toeneemt of de mogelijkheden tot uitstel, fasering of vormgeving toenemen, neemt ook de optiewaarde van flexibiliteit toe. Juist bij grote onzekerheden kan extra informatie, bijvoorbeeld door extra onderzoek naar marktomstandigheden en technische mogelijkheden van renovatie en vervanging, behulpzaam zijn bij het beter schatten van de waarde van diverse opties. Ook risicospreiding door tegelijkertijd verschillende opties open te houden en deze nader te onderzoeken kan dan verstandig zijn. De waarde van opties met flexibiliteit kan sterk fluctueren naar gelang de omstandigheden en inzichten. Dit is vaak een kenmerk van opties: de kosten zijn bekend, maar de baten zijn onzeker en kunnen sterk fluctueren.

De reële-optiebenadering is complexer dan de gewone nette contantewaardemethode. Deze benadering moet daarom vooral bij de keuze van projecten worden toegepast als de meerwaarde groot is en voldoende opweegt tegen de extra kosten en het verlies aan toegankelijkheid en eenvoud. In tabel 2.1 worden de kenmerken samengevat van projecten waarbij de reële-optiebenadering meerwaarde heeft.

Tabel 2.1 De meerwaarde van de reële-optiebenadering

NCW-methode statisch voldoende	Reële-optiebenadering heeft meerwaarde
Korte investeringsperiode	Lange investeringsperiode
Kleine variatie in mogelijke uitkomsten	Grote variatie in mogelijke uitkomsten
Geen opties tot flexibiliteit	Wel opties tot flexibiliteit
Na verloop van tijd geen belangrijke nieuwe informatie over kosten en baten van investeringen	Na verloop van tijd wel belangrijke nieuwe informatie over kosten en baten van investeringen
Kosten en baten weinig gevoelig voor externe ontwikkelingen	Kosten en baten wel gevoelig voor externe ontwikkelingen
Specifieke optie is meest gunstig in alle scenario's	Specifieke optie is meest gunstig in sommige scenario's, maar in andere niet.
Bron (met enkele aanpassingen): van Rhee en anderen (2008) .	

Financiële opties

De reële-optiebenadering in het bedrijfsleven is vaak geïnspireerd door opties in financiële markten. Regelmatig wordt ook gebruik gemaakt van formules voor het bepalen van de waarde van financiële opties, zoals die van Black-Scholes.

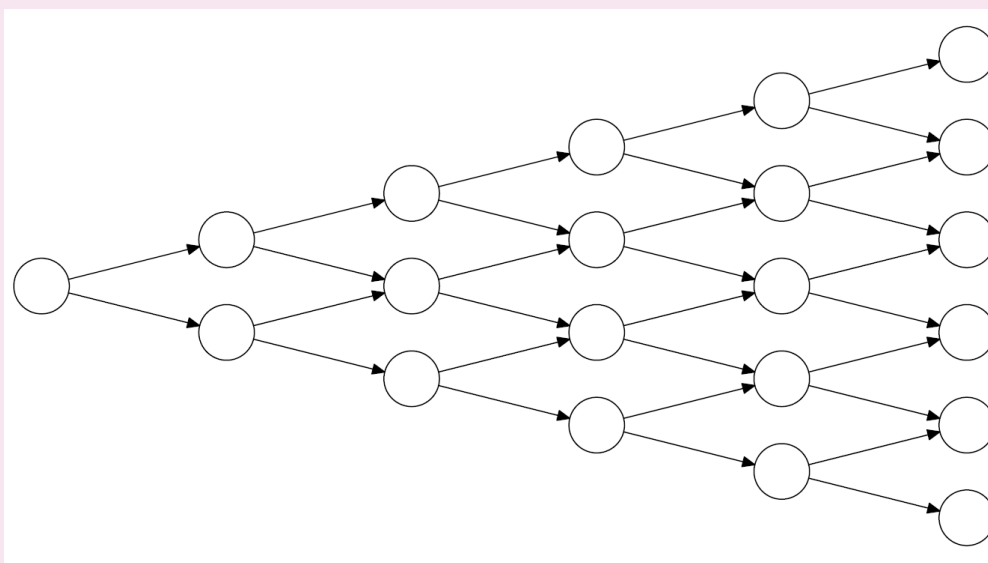
Er zijn veel soorten financiële opties. Een calloptie geeft bijvoorbeeld het recht, maar niet de verplichting om op een later tijdstip een aandeel of ander activum te kopen tegen een vooraf

Het waarderen van een optie

De wetenschappelijke en praktische doorbraak van het waarderen van financiële opties is de publicatie van de Black-Scholes-formule in 1973 (Black en Scholes, 1973). Deze formule maakte het mogelijk om een Europese calloptie te waarderen. Een dergelijke optie heeft het recht, maar niet de verplichting, om een bepaald aandeel te kopen in een bepaald jaar tegen een vooraf gesproken bedrag.

Hoewel deze formule als elegant beschreven kan worden, presenteren we hem hier niet. De formule ziet er op het eerste gezicht namelijk verwarrend uit (Brealey en Meyers, 1988, p.487) en het vereist de nodige voorkennis om de formules te snappen en pagina's om hem helder uit te leggen. Geïnteresseerde lezers verwijzen we naar standaardwerken, zoals Brealey en Meyers (1988), Hull (2003), of eenvoudig vindbare Wikipedia pagina's (vooral de Engelstalige pagina's zijn zeer uitgebreid).

De Black-Scholes-formule vereist strenge aannamen die veelal niet van toepassing zijn op reële opties (Gilbert, 2004). Zo dient de waarde van het onderliggende activum (lees: aandeel) het patroon te volgen van een 'geometrische Brownsiaanse beweging' met een constante trend en een constante volatiliteit. Enkele andere aannamen, zoals het altijd kunnen verkopen en verkopen in elke gewenste hoeveelheid (inclusief 'short selling') van het aandeel, leidt ertoe dat de calloptie op dit aandeel in combinatie met het bezit van het aandeel de facto een risicovrije investering is met een gegarandeerd en bekend rendement.



Naderhand zijn er algemene methoden ontwikkeld om (reële) opties te waarderen. Een veel gebruikte modellering betreft het binomiale model (Cox et al., 1979). Hiertoe worden verschillende tijdstippen onderscheiden en na elke tijdstip kan men een stap 'omhoog' en een stap 'omlaag' zetten. Zie onderstaande figuur. Om de boom nog enigszins overzichtelijk te houden, komen verschillende stappen omhoog en omlaag weer bij elkaar. Dit hoeft uiteraard niet en daarnaast kunnen er meer dan twee stappen per tijdstip optreden (bijvoorbeeld drie, wat leidt tot trinomiale bomen). Hoe uitgebreider de beslisboom, hoe algemener en complexer die boom wordt.

In een dergelijke beslisboom wordt de verwachte waarde van achter naar voor bepaald: de verwachte waarde van een knooppunt is gelijk aan de verwachte waarde van de volgende knooppunten maal de bijbehorende kans. Uitgaande van de waarde van de knooppunten in de laatste kolom en de bijbehorende kansen kan dan de waarde van de knooppunten in de een na laatste kolom worden bepaald. Op basis daarvan weer de waarde van de kolom eerder enzovoorts, totdat de waarde van de gehele optie (= het eerste knooppunt) is bepaald. Als het aantal intervallen wordt vergroot, nadert de waarde van de optie volgens het binomiale model de waarde volgens de Black-Scholes-formule. Deze formule kan dan als een benadering van het binomiale model worden gezien. Het binomiale model is echter veel algemener en flexibeler en kan ook worden toegepast als de veronderstellingen van Black-Scholes niet van toepassing zijn.

overeengekomen prijs. Bij een Europese optie kan dit alleen op een specifiek afgesproken tijdstip. Bij een Amerikaanse optie kan dit ook op elk gewenst moment voor dat tijdstip. Een putoptie geeft het recht, maar niet de verplichting om op een later tijdstip een aandeel of ander activum te verkopen tegen een vooraf overeengekomen prijs.

In de wetenschappelijke financiële literatuur zijn er veel methoden bedacht om de waarde van verschillende specifieke opties te berekenen.⁵ Bij al deze methoden hangt de waarde van de optie af van de actuele koers van het onderliggende actief, de uitoefenprijs, de resterende looptijd, de variantie van de waarde van het onderliggende actief en de geëigende discontovoet om de contante waarde te berekenen. Het meest bekend is de Black-Scholes-vergelijking. Dit is een analytische oplossing van de waarde van een optie. Voordeel van een dergelijke formule is dat op basis van informatie of veronderstellingen over een paar variabelen de optiewaarde kan worden berekend. Dergelijke analytische oplossingen gelden echter alleen onder bepaalde voorwaarden.

De discrete methode voor berekening van de waarde van opties gaat uit van het berekenen van de waarde van een beslissingsboom met een of meerdere keuzemogelijkheden over een of meerdere gelijke tijdsintervallen. De meest simpele situatie is een binomiale berekening met één tijdsstap. Er zijn in dat geval twee mogelijke uitkomsten: het up-scenario en het down-scenario. De complexiteit van dat model kan worden uitgebreid door tijdstappen toe te voegen en door meer uitkomsten per stap te definiëren. Een opvallend kenmerk aan deze berekeningen is de snel toenemende complexiteit.

Toepassen van de basisgedachte van (financiële) opties op natte infrastructuur

Het is nuttig om de essentiële ideeën achter 'opties' toe te passen op investeringsbeslissingen van de overheid, zoals bruggen, sluizen en andere natte kunstwerken.⁶

Het eerste idee is dat keuzevrijheid of 'flexibiliteit' toegevoegde waarde heeft, indien de toekomstige ontwikkelingen onzeker zijn. Zo zal iedere weldenkende belegger een calloptie alleen 'uitoefenen' indien de waarde van het aandeel hoger is dan vooraf overeengekomen prijs. Indien het aandeel goedkoper is dan de eerder afgesproken prijs heeft het geen zin de optie uit te oefenen en heeft de calloptie dus geen waarde. Zo heeft ook de mogelijkheid tot de aanleg van een bepaalde dijk of kunstwerk waarde: als de toekomst zich zo ontwikkelt dat dit nuttig blijkt, dan ga je tot aanleg over en anders gewoon niet.

⁵ Taleb, een optiehandelaar die ook bekend is als publicist over het omgaan met extreme en onbekende risico's, zoals zwarte zwanen, benadrukt dat financiële optiehandelaren al eeuwenlang praktische formules en vuistregels gebruiken en dat deze vaak zelfs in de handelspraktijk beter functioneren dan puur theoretische formules, zoals die van Black-Scholes (zie Haug and Taleb, 2011). Ook geeft hij aan dat het voor de praktijk van de handelaar in financiële opties vaak niet nodig is precies de waarde van een optie te bepalen. Een extreem voorbeeld is arbitrage van tegengestelde put en callopties, bijvoorbeeld een Nederlandse exporteur wil het dollarrisico over een jaar afdekken, terwijl een Amerikaanse importeur het eurorisico over een jaar wil afdekken: dan kan zonder enig risico door de handelaar winst worden gemaakt door tegengestelde put en callopties uit te schrijven. Voor de kopers van dergelijke call- en putopties is het echter wel noodzakelijk te bepalen in hoeverre de prijs in overeenstemming is met het afgedekte risico.

⁶ Het kan ook op heel andere terreinen worden toegepast, bijvoorbeeld zoals garanties door de overheid, het huren of kopen van een huis, het openhouden van een winkel, ondanks negatieve bedrijfsresultaten, keuze van partners (moet worden gewacht met trouwen tot misschien een aantrekkelijker partij langskomt?), of wetgeving, zoals de grondwet (hoe snel, vaak en eenvoudig moet deze aangepast kunnen worden)?

Het tweede idee is dat men een verwachte waarde berekend van de optie. Hiervoor is het noodzakelijk een inschatting te maken van de toekomst. De verwachte waarde van de genoemde calloptie kan worden bepaald indien bekend is welke waarden het aandeel in het toekomstige jaar allemaal kan hebben en met welke kans elke waarde kan voorkomen. Indien al deze informatie bekend is, kan de *verwachte* toekomstige waarde in contante waarde worden uitgedrukt door gebruik te maken van een discontovoet. Zo bereken je de waarde van de calloptie. Op een soortgelijke manier kun je ook de waarde van de mogelijkheid tot het aanleggen van een dijk of kunstwerk bepalen.

Maar let op de verschillen ...

Bij het toepassen van de financiële optiebenadering op investeringen in natte infrastructuur of andere publieke en private investeringen moeten echter ook de verschillen in het oog worden gehouden.

Bij financiële opties worden vaak zowel de onderliggende activa (bijvoorbeeld aandelen, obligaties of hypotheeklen) als de opties zelf op grote schaal verhandeld. Door het combineren van diverse opties zijn zelfs optiestrategieën, zoals straddle, strangle en diverse soorten spreads met exotische namen als butterfly en condor⁷ ontwikkeld om nog nauwkeuriger te speculeren op verwachte bewegingen van de onderliggende waarde. Vanaf de jaren zeventig is de handel in financiële opties wereldwijd explosief gestegen. Dit kwam mede door het gebruik van praktische formules als Black-Scholes. Deze financiële innovatie heeft wereldwijd geleid tot enorme besparingen bij bedrijven, overheden en huishoudens: door hedging en financiële arbitrage zijn rentetarieven beperkt, is de risicospreiding sterk verbeterd en zijn de transactie- en informatiekosten fors verlaagd. Nadeel van deze financiële innovatie is wel dat financiële schokken in één deel van de wereld, zoals de val van Lehman Brothers, met grote snelheid gevolgen kan hebben voor de rest van de wereld.

Dit is een heel andere wereld dan die van de investeringsopties van een oliemaatschappij of de opties bij de vervangingsopgave natte kunstwerken. Voorwaarde voor toepassing van de financiële optiebenadering is dat berekeningen kloppen en betekenisvol zijn: ingewikkelde reële-optieberekeningen, zoals Monte-Carlosimulaties van beslisbomen of bijvoorbeeld het toepassen van de Black-Scholes-formule vereisen forse aannames. Indien niet wordt voldaan aan die aannames, dan is het niet verantwoord de complexe berekeningen aan te gaan. Het is dan economisch beter om inzichtelijke (en eenvoudige) aannames en berekeningen te presenteren, omdat dan iedereen nog kan volgen wat er gebeurt en welke essentiële aannames worden gemaakt.

Deze aanpak is volledig in lijn met de inzichten van Robert Merton, een van de grondleggers op het gebied van financiële opties. Hij besluit zijn Nobelprijzilezing met een waarschuwing over het gebruik van theoretische modellen voor het bepalen van de waarde van financiële opties:

⁷ Een straddle houdt bijvoorbeeld in dat tegelijkertijd call- en putopties op een zelfde aandeel met eenzelfde vervaldatum datum en uitoefenprijs gekocht dan wel verkocht worden. Men kan een straddle kopen als men een beweging verwacht in het onderliggende aandeel, maar men niet weet of dit omhoog of omlaag gaat.

“At times we can lose sight of the ultimate purpose of the models when their mathematics become too interesting. The mathematics of financial models can be applied precisely, but the models are not at all precise in their application to the complex real world. Their accuracy as a useful approximation to that world varies significantly across time and place. The models should be applied in practice only tentatively, with careful assessment of their limitations in each application” (Merton, 1997, p. 112).

Gebruikers van de reële-optiebenadering waarschuwen ook voor de vaak beperkte meerwaarde van het sterk compliceren van de analyse. De nauwkeurigheid van de geschatte waarde van de optie neemt nauwelijks toe, want deze is toch met grote onzekerheid omgeven, terwijl de toegankelijkheid van de analyse sterk wordt verminderd. Over het gebruik van de reële-optiebenadering bij het bepalen van de waarde van olieconcessies op het Nederlandse continentale plat concludeert Smit (1997, p. 15) bijvoorbeeld: “Very hard-to-estimate parameters, such as volatility in oil prices, sensitize the valuation results. Complicating the model with additional variables would not necessarily result in a better valuation or more accurate answers. For example, the model does not take into account currency exchange risk, tax carry-backs, and other such effects. With higher complexity, much of the intuition of viewing projects as real options may possibly be sacrificed. For this kind of applied research, more complex and very technical models would not add accuracy to the valuation results, and might lose other important features, such as accessibility of the methodology, tractability of the model, economic insights, and intuition.”

Ook is het belangrijk te beseffen dat het bij investeringen in natte infrastructuur gaat om publieke investeringen en niet om private beleggingen. Dit betekent dat het niet gaat om het maximeren van het financiële profijt van één bedrijf of persoon, maar dat het gaat om een gecompliceerde afweging van publieke en private belangen waarin ook de keuze van de discontovoet een belangrijke rol speelt.

Vandaar dat in deze notitie de reële-optieanalyse voor investeringen in natte infrastructuur wordt gepresenteerd als onderdeel van een MKBA. In paragraaf 2.2 wordt dit eerst in algemene termen toegelicht. Daarna wordt gekeken in hoeverre in de Nederlandse MKBA-praktijk al rekening wordt gehouden met het belang van flexibiliteit (paragraaf 2.3). Tot slot wordt de keuze van de discontovoet besproken: in hoeverre zijn de kabinetsvoorschriften voor een discontovoet van 5,5% in een MKBA strijdig met toepassing van een echte reële-optiebenadering? (paragraaf 2.4)

2.2 Reële opties en MKBA

MKBA en flexibiliteit

De kern van een MKBA vormt het vergelijken van twee (of meer) alternatieven. In een MKBA bepaal je - zo goed als mogelijk - alle kosten en baten van het ene alternatief (veelal projectalternatief genoemd). Ook bepaal je de kosten en baten van het andere alternatief (veelal het nulalternatief genoemd). Je drukt alle effecten zoveel als mogelijk uit in geld: baten zijn een positief getal en kosten een negatief getal. Als resultaat van een MKBA

rapporteer je het verschil tussen de kosten en baten van beide alternatieven. Als het MKBA-saldo positief is, dan is het projectalternatief aantrekkelijker. En als het MKBA-saldo negatief is, is het nulalternatief aantrekkelijker.

Om de reële-optiebenadering toe te passen in het kader van een beleidskeuze waarvoor een MKBA wordt opgesteld dien je dus een projectalternatief 'met flexibiliteit' te vergelijken met een projectalternatief 'zonder die flexibiliteit'. Een MKBA die het projectalternatief 'kunstwerk nu aanleggen' vergelijkt met het nulalternatief 'kunstwerk nooit aanleggen' vergeet dus de reële optie dat als je het kunstwerk niet nu aanlegt, je het mogelijk nog wel later kunt aanleggen. Of om het anders te formuleren : indien je kiest voor het projectalternatief 'kunstwerk nu aanleggen' verlies je daarmee de optie om het 'kunstwerk later alsnog aan te leggen'. Deze MKBA kan dus als 'incorrect' worden betiteld indien men de optiewaarde vergeet te waarderen. Een 'goede' MKBA vergelijkt dan ook het projectalternatief 'kunstwerk nu aanleggen' met het best mogelijk alternatief en dat is 'het kunstwerk niet nu aanleggen, maar mogelijk wel in de toekomst'.

Het goed waarderen van flexibiliteit van een projectalternatief (lees: reële-optieanalyse) is dan ook 'gewoon' een onderdeel van een MKBA. Het heeft dus ook geen zin om een discussie te starten of reële-optieanalyse beter of slechter is dan een MKBA. Handleidingen over hoe een MKBA opgesteld moet worden, besteden altijd uitvoerig aandacht aan het zo goed als mogelijk waarderen van eventuele flexibiliteit. Dit geldt ook voor de Nederlandse MKBA-handleidingen: de OEI-leidraad over MKBA's voor infrastructuurprojecten⁸ en de nieuwe algemene MKBA leidraad.⁹

Wat is flexibiliteit (lees: een reële optie)?

In de werkelijkheid bestaan er vele vormen van flexibiliteit. De meest voorkomende vorm van flexibiliteit is het uitstellen van een bepaalde investering. In plaats van de investering nu te plegen, wordt de investering: uitgesteld naar een toekomstig moment, en wordt de investering afhankelijk van de toekomstige ontwikkeling wel of niet alsnog uitgevoerd.

De optie 'uitstellen en later de investering alsnog kunnen doen' heeft waarde omdat in de loop van de tijd meer informatie beschikbaar komt. In onderstaande tekstbox wordt deze optie geïllustreerd.

Er zijn vele andere concrete invullingen van flexibiliteit. Bij vervangingsinvesteringen is het vaak mogelijk om in plaats van het kunstwerk nieuw te bouwen om het kunstwerk eerst grondig te renoveren en zo doende 'tijd te kopen'. Afhankelijk van de toekomstige ontwikkelingen kan dan alsnog tot nieuwbouw worden overgegaan. Deze optie heeft ook nadelen: renovatie kost ook een hoop geld, het onderhoud van een gerenoveerd kunstwerk is duurder dan een nieuwgebouwd kunstwerk en mogelijk biedt het gerenoveerde kunstwerk minder functionaliteit (bijvoorbeeld veiligheid of capaciteit) dan een nieuw kunstwerk.

⁸ CPB en NEI (2000), zie paragraaf 5.2 en 7.3. Optimale timing en fasering van investeringen wordt daarnaast nog apart besproken in de bijlages C en D.

⁹ Romijn en Renes (2013), paragraaf 10.4 over flexibiliteit.

De waarde van 'uitstel en wachten op informatie'

Stel dat we een project moeten beoordelen met de volgende kenmerken. We kunnen het project op elk moment opstarten met eenmalige investering van 20 euro. Na die investering zijn er geen verdere kosten meer. Vanaf het moment dat we het project opstarten, levert het eerst met volledige zekerheid 1 euro op tot 10 jaar vanaf nu. Daarna is de opbrengst onzeker. Met kans 50% gaat de opbrengst permanent omhoog tot 1,6 euro per jaar, maar met evenveel kans daalt die tot 0,4 euro per jaar. De discontovoet is 4%. Wat adviseren we?

Als we nu investeren, krijgen we een permanente verwachte bate van 1 euro per jaar. De contante waarde van die bate stroom is $1/0,04 = 25$. De contante waarde van het project als we nu investeren is dus $25 - 20 = 5$. Het standaard advies (van een 'slechte' MKBA) is dus: doen! Merk op dat we hier het projectalternatief 'nu investeren' vergelijken met het (foute!) nulalternatief 'nooit investeren'.

Echter, we kunnen ook de investering een jaar uitstellen. Dan betalen we volgend jaar 20 euro en krijgen we vanaf volgend jaar permanent een *verwachte* bate van 1 euro per jaar. Het project ziet er dus precies hetzelfde uit als bij een investering nu, alleen alles is een jaar opgeschoven. Het project heeft dus volgend jaar een contante waarde van 5. Gedisconteerd naar dit jaar is die *verwachte* contante waarde $5/1,04 = 4,8$. Dit is nog steeds positief, maar minder dan de waarde van het project als we nu investeren. Uitstel is dus hier een slecht idee. De intuïtie is dat het uitstel geen extra informatie oplevert en alleen maar een positief saldo verlaagt.

Om dezelfde reden heeft uitstel met 2 t/m 9 jaar geen zin. In het tiende jaar verandert er echter iets. Dan weten we of we voortaan 1,6 euro per jaar krijgen of slechts 0,4. Als het project 1,6 euro per jaar oplevert is de waarde van de kasstroom $1,6 / 0,04 = 40$ euro. Als we dan investeren levert dat $40 - 20 = 20$ euro op. We zullen dus investeren. Als de opbrengst slechts 0,4 euro per jaar is, heeft de investering een waarde van $0,4 / 0,04 - 20 = -10$ euro. Dan zullen we niet investeren, en omdat we de vaste kosten van 20 nog niet betaald hebben, vervalt het hele project: geen kosten en geen baten.

De kans op een positieve uitkomst is 50%, dus de verwachte waarde van het project over tien jaar is $0,5 \cdot 20 = 10$ euro. De contante waarde daarvan is $10 / (1,04)^{10} = 6,7$. Dit is de uitkomst van de MKBA, waarbij we het projectalternatief 'mogelijk later investeren' vergelijken met 'nooit investeren'.

De 6,7 is hoger dan de 5 die we krijgen als we nu besluiten om te investeren. Hoewel nu investeren beter is dan nooit investeren, is het toch verstandig om nu niet te investeren, maar om 10 jaar te wachten tot we meer informatie hebben. Een goede MKBA had het projectalternatief 'nu investeren' vergeleken met het correcte nulalternatief 'mogelijk later investeren'. Het correcte MKBA-saldo was dan -1,7 geweest en het goede advies is: mogelijk later investeren!

Een andere vorm van flexibiliteit is om bij het vervangen van een brug in het wegennetwerk de nieuwe brug zodanig breed te maken dat er extra rijstroken gecreëerd worden. Het inbouwen van een dergelijke reële optie in het projectalternatief 'een nieuwe brug' leidt initieel tot extra kosten (een bredere brug is duurder dan een smallere brug), maar bespaart in de toekomst mogelijk veel geld indien tot wegverbreding (waar de brug een deel van is) wordt overgegaan. Sterker: indien de optie wordt ingebouwd, wordt het economisch sneller aantrekkelijk om die weg ook daadwerkelijk te verbreden. Weer andere vormen van flexibiliteit zijn modulair bouwen, of juist grond onbebouwd laten liggen opdat er later alsnog de optie is er zonder al te veel extra kosten iets op te zetten. Welke kosten, baten, risico's en andere (synergie) effecten hiermee samenhangen, kan niet in zijn algemeenheid worden beschreven.

Hét leerpunt dat we willen maken in deze paragraaf voor het vervolg van deze notitie is dat je per casus (lees: per MKBA) de zinvolle opties voor flexibiliteit in kaart dient te brengen. Deze opties voor flexibiliteit zullen dan een plaats moeten krijgen in de te onderzoeken projectalternatieven die in de MKBA onderling worden vergeleken op hun effecten.

Dit past bij stap 1 en 2 bij het maken van een MKBA. Elk handboek over hoe een MKBA te maken beveelt aan om eerst een goede probleemanalyse te maken. De tweede stap van een MKBA is altijd het identificeren van het nulalternatief en de projectalternatieven (zie CPB en NEI, 2000, hoofdstuk 6 'Stappenplan', Romijn en Renes, 2013, hoofdstuk 4).

We willen hiermee niet beweren dat het identificeren van reële opties (flexibiliteit) eenvoudig is. Net zoals de Nederlandse MKBA-richtlijnen geen kookboek zijn voor het maken van een goede MKBA, maar meer een algemeen kader, is het ondoenlijk om een dergelijk kookboek te schrijven voor het identificeren van flexibiliteit.

Hoe waardeer je die flexibiliteit?

Nadat je de projectalternatieven hebt bepaald, kun je de effecten van die alternatieven gaan bepalen. Het meest eenvoudig is het beoordelen van een 'vaststaand' projectalternatief voor één gegeven scenario. Bijvoorbeeld: we leggen het kunstwerk nu aan, of we leggen het kunstwerk nooit aan.

Het wordt al ingewikkelder als we naar meerdere scenario's kijken. Dat levert al meer werk op en het resultaat kan zijn dat het ene projectalternatief in het ene scenario goed scoort en het andere in een ander scenario. Dit kan worden opgelost door de verwachte waarde te berekenen over alle mogelijke scenario's. Hiervoor heb je wel een (geaccepteerde) kansverdeling van de scenario's nodig.

Het kan ook ingewikkelder worden doordat in een projectalternatief een bepaalde investering op het optimale moment dient plaats te vinden. De vraag is dan: wat is het optimale moment? Het bepalen van dit optimale moment gegeven één scenario (lees: een zekere toekomstige ontwikkeling) is vaak al een ingewikkelde puzzel. Menig MKBA-opsteller is allang blij dat dit lukt en nog veel meer zien zich door tijdgebrek genoodzaakt dit 'zeer pragmatisch' te benaderen.

In handboeken over reële-optiebenadering (Dixit en Pindyck, 1994, p. 145) wordt bewezen dat het optimale moment van investeren juist afhangt van toekomstige onzekerheid. Volgens die handboeken moet je de analyse dus nog uitgebreider (en dus beter maken) door per scenario de onzekerheid mee te nemen bij het bepalen van de optimale timing van investeringen (ook wel ontwikkelpaden genoemd). En dan moet je dat ook nog eens doen voor alle mogelijke scenario's en daarover de verwachte waarde berekenen.

Tabel 2.2 Van MKBA voor projecten zonder flexibiliteit naar reële-optiebenadering voor projecten met flexibiliteit

Methode	Toelichting	Voordeel	Nadeel
MKBA voor één beslissingsmoment en één scenario	Alternatieven worden vergeleken op basis van netto contante waarde van kosten en baten. Onzekerheid kan worden meegenomen door een algemene risico-opslag en/of een project specifieke risico-opslag.	Relatief eenvoudig. Geeft duidelijk aan hoe moet worden gekozen tussen alternatieven.	Erg gevoelig voor het gebruikte scenario. Waarde van flexibiliteit wordt niet of beperkt meegenomen.
MKBA met gevoeligheidsanalyse	Vergelijking van alternatieven voor meerdere sets van veronderstellingen (lees: scenario's).	Laat zien hoe vergelijking van alternatieven wordt beïnvloed door verschillende veronderstellingen en scenario's.	Niet duidelijk hoe moet worden gekozen tussen alternatieven; dit kan worden vermeden door de verwachte waarde over de scenario's te bepalen. Waarde van flexibiliteit wordt niet meegenomen.
MKBA met flexibiliteit: nu investeren t.o.v. mogelijk later iets doen en één scenario	Voor het beschouwde scenario dient eerst de optimale inzet van de flexibiliteit te worden bepaald en kan vervolgens de netto contante waarde van de beide alternatieven worden berekend.	Geeft duidelijk aan hoe moet worden gekozen tussen alternatieven	Erg gevoelig voor het gebruikte scenario. Soms al behoorlijk complex.
Reële-optiebenadering: MKBA met flexibiliteit en een onzekere toekomst	Vergelijking van alternatieven voor meerdere sets van veronderstellingen en scenario's waarbij ook gebruik wordt gemaakt van kansverdelingen. Nadruk op meerdere beslissingsmomenten: niet alleen nu wel of niet investeren, maar ook kijken naar optie later beslissen en hoe dan precies.	Geeft op basis van verwachte waarde duidelijk aan hoe kan worden gekozen tussen alternatieven. Kan in theorie de waarde van groot aantal specifieke opties (bijv. uitstel, flexibel bouwen, overdimensionering, extra informatie verzamelen) in beeld brengen.	Risico om te complex te worden: zowel voor MKBA-opstellers als ook voor gebruikers. Die laatsten moeten vaak in korte tijd het resultaat van een MKBA in zich op kunnen nemen. Dat vereist een zeer heldere presentatie en dat is bij een complexe MKBA zeer lastig. Gevoelig voor kwaliteit van kansverdelingen, veronderstellingen en scenario's.

Dit klinkt niet alleen ingewikkeld; dit is het ook. Wij kennen dan ook geen MKBA's die zijn gemaakt ten behoeve van een echte beleidsbeslissing die op de meest uitgebreide manier de waarde van flexibiliteit bepalen. Het op deze manier uitrekenen van zeer gestileerde voorbeelden is al vaak zeer ingewikkeld en tijdrovend, vaak slechts alleen voor ingewijden te volgen en leidt meestal nauwelijks of niet tot nieuwe inzichten. Sommige pogingen om voor gestileerde voorbeelden de reële-optiewaarde 'theoretisch correct' uit te rekenen leiden tot zo ingewikkelde wiskundige modellen, dat ze door de opstellers niet meer kunnen worden uitgerekend. Ook als CPB hebben wij hier ervaring mee.

Het goede nieuws is dat dit ook niet hoeft. Het doel van een MKBA is niet om de reële-optiewaarde tot drie cijfers achter de komma te bepalen; gelet op de vele onzekerheden is een dergelijk nauwkeurige schatting van de optiewaarde ook niet mogelijk. Voor een MKBA moet zo goed mogelijk de waarde van flexibiliteit worden geschat opdat de economisch optimale beleidskeuze geïdentificeerd kan worden. Hiervoor zijn - naast de theoretisch correcte berekeningswijzen - ook enkele pragmatische benaderingswijzen voorhanden. We komen hier later op terug.

In een MKBA kan met flexibiliteit in meerdere of mindere mate rekening worden gehouden (zie bovenstaande tabel). In een MKBA voor één beslissingsmoment en één scenario blijft de waarde van flexibiliteit zelfs volledig buiten beeld. Aan het andere uiterste van het MKBA-spectrum staat de formele reële-optiebenadering; hierin staat juist de waarde van flexibiliteit centraal.

2.3 Flexibiliteit in Nederlandse MKBA's

In de Nederlandse richtlijnen voor MKBA's uit 2000 (de OEI Leidraad, zie Eijgenraam et al., 2000) wordt de reële-optiebenadering gepresenteerd als een methode om flexibiliteit, fasering en de waardering daarvan een plaats te geven binnen een MKBA én het besluitvormingsproces. Nu ruim 13 jaar later is de conclusie gerechtvaardigd dat het praktische gebruik van reële-optiewaardering nog niet echt van de grond is gekomen. Niet voor niets schrijven wij nu deze notitie en heeft in 2012 Stratelligence al op verzoek van Rijkswaterstaat een rapport geschreven met de titel 'Reële-optieanalyse; Waardevolle aanvulling op het evaluatie-instrumentarium van het ministerie van Infrastructuur en Milieu?'.¹⁰

Hoewel wij geen MKBA's kennen waar in het kader van echte besluitvorming¹⁰ de reële-optiewaarde theoretisch en volledig is uitgerekend, betekent dit niet dat de waarde van flexibiliteit in MKBA de afgelopen jaren geen of altijd onvoldoende aandacht heeft gekregen. Ter illustratie bespreken we in bijlage 1 enkele voorbeelden waarbij de waarde van flexibiliteit een belangrijke rol speelde bij de MKBA en de besluitvorming: KBA Zeetoegang IJmuiden, KEA Afsluitdijk, KBA Wind op land, KBA Maasvlakte 2, KEA Deltaprogramma IJsselmeergebied (DPIJ) en de MKBA Waterveiligheid 21e eeuw. De voorbeelden bieden hopelijk inspiratie hoe de waarde van flexibiliteit kan worden meegenomen.

Onderstaande tabel (tabel 2.3) geeft een samenvatting van de rol van flexibiliteit in deze MKBA's. Vaak wordt bij de projectalternatieven ook een flexibele optie meegenomen, zoals uitstel (KBA Zeetoegang IJmuiden en KBA Wind op land), gefaseerde aanleg (KBA Wind op land) of eerst renoveren en dan investeren (KEA Afsluitdijk). In twee studies (KBA Maasvlakte en KEA DPIJ) wordt door simulatiemodellen of wiskundig economische modellen gezocht naar de meest geschikte opties. Tot slot wordt in één studie (MKBA WV21) gebruik gemaakt van Monte-Carloanalyses; deze kunnen worden gebruikt om

¹⁰ We kennen wel meerdere MKBA's waarbij als oefening de reële optie waarde is uitgewerkt op een realistische casus.

betrouwbaarheidsintervallen te schatten. Monte-Carloanalyses zijn ook geschikt om bij extreme situaties, zoals overstromingen die grote schade veroorzaken, de beste investeringsstrategie te kiezen. Een analyse op basis van gemiddelde kansen is hiervoor veel minder geschikt.¹¹

Tabel 2.3 Flexibiliteit in Nederlandse MKBA's

MKBA	Probleem	Rol van flexibiliteit	Conclusie
KBA Zeetoeegang IJmuiden (Rosenberg en Koopmans, 2004)	Hoe kan toegang van het Noordzeekanaal tot de zee worden verbeterd?	Niet alleen analyse van door projectorganisatie geselecteerde alternatieven, maar ook van vijf jaar uitstel van een van de alternatieven en vier andere volgens SEO 'interessante' varianten.	Het MKBA-saldo voor de variant 'Grote Sluis' is negatief. Andere varianten scoren duidelijk beter; het meest gunstig is de uitstelvariant: het MKBA-saldo inclusief 30% indirecte baten is positief; daarbovenop komen mogelijk nog de baten van verminderd risico bij uitval Noordersluis.
KEA Afsluitdijk (Grevers en Zwaneveld, 2011)	Hoe kan de Afsluitdijk en de bijbehorende kunstwerken het beste worden onderhouden of vervangen?	Een flexibel alternatief (eerst renoveren en pas later nieuwbouw) is apart meegenomen in de analyse.	De baten van deze flexibiliteit kunnen worden gemeten en hangen af van het klimaatscenario; de bandbreedte van de waarde van deze baten is beperkt. Het flexibele alternatief was 'no-regret': onder alle scenario's was dit alternatief het beste.
KBA Wind op land (Verrips et al., 2013)	Wat zijn de netto baten van extra investeringen in windenergie op land?	Uitstel van investeringen is als een apart alternatief meegenomen.	Extra investeringen in windenergie kan een positief rendement hebben, maar dit verschilt per provincie. Uitstel met 5 jaar verhoogt in alle provincies het rendement; meer uitstel lijkt echter niet gunstig. Gefaseerde aanleg afhankelijk van de toekomstige energieprijzontwikkeling is de beste investeringsstrategie.
KBA Maasvlakte 2 (CPB, NEI en RIVM, 2001)	Hoe uitbreiden van Rotterdamse haven?	Door middel van simulatiemodellen is per sociaal-economisch scenario de beste manier en timing van uitbreiding onderzocht.	Flexibele en gefaseerde aanleg is het goedkoopst en heeft minste risico.
KEA DPIJ (Bos et al., 2012)	Hoe voldoende waterveiligheid en zoetwater in het IJsselmeergebied?	Korte- en langetermijnopties worden gekozen na goede probleemanalyse en op basis van een wiskundig-economisch model voor benodigde dijkversterking.	Voor waterveiligheid is pompen onder alle scenario's gunstiger dan spuien en dijkverhoging. De zoetwaterbuffer kan op korte termijn aanzienlijk worden vergroot tegen beperkte kosten.
MKBA Waterveiligheid 21e eeuw (Kind et al., 2011)	Wat is optimale dijkhoogte in Nederland?	Monte-Carloanalyses op basis van kansverdelingen van kernvariabelen voor kosten en baten van dijkversterking, zoals kosten van dijkversterking, materiële schade in basisjaar, economische groei, klimaatverandering en zelfs discontovoet.	Deze Monte-Carloanalyse geeft aan dat het betrouwbaarheidsinterval rond economisch optimale overstromingskansen groot is. Ook zou een dergelijke analyse gebruikt kunnen worden voor een betere raming van de optimale dijkhoogte/overstromingskansen per dijkkring dan direct op basis van gemiddeldes van kernvariabelen.

¹¹ Zie ook Eijgenraam en Zwaneveld (2011), paragraaf 10.3. Daarin wordt ook een voorbeeld gegeven om dit te verduidelijken. Als de investeringsstrategie voor versterking van dijken wordt berekend met behulp van het gemiddelde van de hoogste waterstanden per jaar, dan zou ieder twee jaar sprake zijn van kosten van een overstroming. De optimale strategie moet daarom worden bepaald door te berekenen voor welke dijkhoogte de kosten gemiddeld over alle waterstanden de laagste zijn. Dus niet eerst middelen en dan één keer de kosten uitrekenen, maar vele keren de kosten uitrekenen en dan pas middelen. De Monte-Carloanalyse volgt de theoretisch goede methode.

Als een officiële MKBA niet als criterium wordt gehanteerd, zijn er veel meer voorbeelden van toepassing van de reële-optiebenadering bij overheidsinvesteringen in Nederland te vinden. SEO (Poort, 2006) heeft onderzoek gedaan naar de waarde van enkele vastgoedopties op de Zuidas: wat is de waarde van uitstel van de bouw van een kantoortoren en wat is de waarde om een woontoren na enkele jaren te transformeren in een kantoortoren? Stratelligence (2012a) noemt twee ‘pilotsgewijze’ voorbeelden: de verbreding van de A27 en het uitdieping van het Twentekanaal. Ook de aanleg van de Roode Vaart kan worden gezien als een toepassing van de reële-optiebenadering: een beperkte en vervroegde investering in het verbeteren van de zoetwatervoorziening in de Zuidwestelijke Delta die is gecombineerd met de herinrichting van het centrum van Zevenbergen. Door het beperkte en selectieve karakter van de investering zijn de risico’s beperkt. Tegelijkertijd konden door het vervroegen van deze investering synergie-effecten worden benut met andere publieke investeringen (zie van Rhee, 2013). Tot slot kan worden genoemd dat het meenemen van flexibiliteit ook centraal staat in het Deltaprogramma; deze aanpak staat bekend als adaptief deltamanagement en heeft nauwe raakvlakken met de reële-optiebenadering (zie paragraaf 2.5).

Er kunnen meerdere redenen zijn waarom de reële-optiebenadering (Real options analysis, ROA) tot nu toe in MKBA’s voor overheidsinvesteringen weinig is toegepast:

- In de praktijk liggen bij de start van een MKBA de alternatieven vaak al vast. Dit kan een politiek-bestuurlijke achtergrond hebben: het is politiek misschien niet gewenst nog andere alternatieven te onderzoeken of het past misschien niet in het bestuurlijke proces.
- De meerwaarde van de reële-optiebenadering kan onvoldoende bekend zijn.
- Het kan ook zijn dat de methode te complex is, er gebrek aan ervaring en kennis is om dit op een goede manier te doen of dat de benodigde data (bijvoorbeeld kansverdeling over WLO-scenario’s en/of KNMI scenario’s) niet beschikbaar zijn.
- Toepassen van de reële-optiebenadering is duurder en niet echt verplicht: het betekent extra onderzoekskosten, terwijl het in de OEI-leidraad ‘slechts’ wordt genoemd.

Deze notitie kan op twee manieren bijdragen om de reële-optiebenadering toe te passen in MKBA’s en besluitvorming over overheidsinvesteringen. Ten eerste door het onderzoeken en toelichten hoe de reële-optiebenadering praktisch kan worden toegepast. Ten tweede kan dit ook beleidsmakers verduidelijken wat de meerwaarde van reële-optieanalyse is, nl. een heel goede methode om op de lange termijn aanzienlijke kostenbesparingen te realiseren of veel effectiever beleid (betere dienstverlening tegen minder kosten) te voeren. In het bedrijfsleven is men hier al vaak van overtuigd, maar valt het gebruik in de praktijk nog aanzienlijk tegen, zeker in vergelijking met de verwachtingen van de reële-optie-experts in de jaren negentig van vorige eeuw.¹² Bij overheidsinvesteringen is dit vaak nog een vrijwel

¹² Volgens Triantis (2005, p.11) zijn er twee types fundamentele kritiek op de reële-optiebenadering. De eerste is dat de reële-optiebenadering uitgaat van een kunstmatig en niet realistisch beeld van de werkelijkheid. Hij noemt bijvoorbeeld dat managers vaak helemaal niet rationeel zijn in wat, hoe en wanneer ze willen beslissen over investeringen. Ook de veronderstelling dat verschillende investeringsprojecten van een bedrijf onafhankelijk van elkaar zijn, vindt hij niet realistisch. De tweede kritiek is eigenlijk het omgekeerde van de eerste: de reële-optiebenadering wordt gezien als te gecompliceerd en niet geschikt om bijvoorbeeld uit te leggen aan de directie. Zijn verwachting is dat geleidelijk in enkele decennia toch de reële-optiebenadering standaardpraktijk gaat worden voor strategische planning van bedrijven en voor de waardering van investeringen. Dit zal volgens hem echter niet makkelijk gaan: “Organizations don’t adapt very readily to

volledig onontgonnen terrein.¹³ Juist bij het zoeken naar andere alternatieven of een andere timing of combinatie van maatregelen is vaak de meeste winst te boeken. Pol et al. (2013) benadrukken dat een flexibele aanpak gebaseerd op gefaseerde besluitvorming, kleine maatregelen en met gericht onderzoek voor een onderwerp als dijkversterking vooral op lange termijn voordelen biedt, vooral door het stimuleren van het leerproces.

Ook hoeft een reële-optiebenadering, waarbij langdurig verschillende opties tegen elkaar worden afgewogen, niet strijdig te zijn met het bestuurlijke en politieke proces. Het kan juist bijdragen aan het vergroten van het maatschappelijke draagvlak van de investeringen. Besparingen bij het ene project kunnen ook worden ingezet om andere projecten te financieren.

2.4 Discontovoet

Een logische vraag is: welke discontovoet moet worden gehanteerd bij het berekenen van de reële-optiewaarde? Deze begrijpelijke vraag kan echter niet eenvoudig worden beantwoord. Eerst zal worden samengevat wat de huidige stand van zaken is wat betreft het gebruik van een discontovoet in MKBA's. Vervolgens zal worden ingegaan op de relatie met reële opties. Tot slot wordt een pragmatische aanpak voor de discontovoet voorgesteld.

De discontovoet in MKBA's

Volgens de Nederlandse traditie van MKBA's van het afgelopen decennium is de discontovoet de som van een risicovrije reële discontovoet en een, zo mogelijk, projectspecifieke, opslag.¹⁴ voor het macro-economische risico. De risicovrije rente is sinds 2007 vastgesteld op 2,5%.¹⁵

applying any new tool, particularly one as sophisticated as real options. Corporate acceptance and implementation will require senior-level buy-in and strong leadership, careful adoption of simpler versions of the tool, user-friendly software that can handle the modeling complexity, significant investment in training analysts and managers, deliberate alignment of managerial and shareholder incentives and the creation of appropriate controls in the capital investment process." (p. 16).

¹³ Door enkele Nederlandse onderzoekers is het belang van het gebruik van de reële-optiebenadering bij investeringen in infrastructuur wel benadrukt, bijv. van Rhee et al. (2008). Ook zijn er enkele bekende toepassingen voor publieke investeringen, zoals Ford et al (2002), Zhao et al (2004) en Cucchiella et al (2008) over aanleg van een snelweg, Law et al (2007) over een spoornetwerk in Canada, Smit (2003) over uitbreiding van Europese vliegvelden en Zhao en Tseng (2003) en de Neufville et al (2005) over een parkeergarage. Herder et al (2011) geven een overzicht van het gebruik van de reële-optiebenadering voor publieke en private investeringen. Zij noemen onder andere enkele van de Nederlandse MKBA's uit paragraaf 2.3. Ook geven ze redenen waarom de reële-optiebenadering bij bedrijven meer toegepast wordt dan bij de overheid; dit komt onder andere doordat bij de overheid winstmaximalisatie geen rol speelt en omdat bij overheids-investeringen veel actoren in de besluitvorming zijn betrokken.

¹⁴ In andere landen worden soms andere uitgangspunten gehanteerd (zie Werkgroep Actualisatie Discontovoet, 2007). In Frankrijk en Groot-Brittannië wordt niet met een vaste discontovoet maar met een in de tijd aflopende discontovoet gerekend. In Duitsland is de discontovoet niet gebaseerd op de kapitaalmarktrente, maar op de verwachte groei van de productiviteit.

¹⁵ Vanaf 1995 was dit 4%. Dit was gebaseerd op het historische verloop van de lange termijn kapitaalmarktrente over de periode 1972-1993 (zie Werkgroep Actualisatie Discontovoet, 2007). Dit is in 2007 verlaagd tot 2,5% om rekening te houden met de gedaalde reële rente op de kapitaalmarkt. Omwille van bestuurlijke rust en praktische redenen is het gebruik van een zelfde discontovoet in verschillende projecten gedurende een lange periode belangrijk. De discontovoet wordt daarom in beginsel voor vier jaar vastgesteld.

Discontovoet en CAPM

Simpel gezegd wordt de waarde van een infrastructuurproject bepaald door het sommeren van gedisconterde kosten en baten, zoals in vergelijking (1). Dit staat bekend als de Netto Contante Waarde (NCW). Het idee achter NCW is dat het project wordt geaccepteerd indien de waarde positief is (de baten zijn dan groter dan de kosten).

$$(1) \quad NCW = \sum_{t=0}^n \frac{E(Baten_t)}{(1+\rho)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{E(Kosten_t)}{(1+\rho)^t}$$

met $E(.)$ = verwachte baten/kosten op tijdstip t
 ρ = discontovoet

Het Capital Asset Pricing Model (CAPM) wordt vaak gebruikt om de geëigende discontovoet te bepalen. De gedachte binnen het CAPM is dat een investeerder compensatie wil voor het 'systematische' risico van het project. Hoe groter het systematische risico, hoe hoger het *verwachte* rendement dient te zijn. Systematische risico's betreffen risico's die positief gecorreleerd zijn met macro-economische risico's die elke investeerder (dus ook de overheid) loopt en die niet kunnen worden 'verzekerd' of 'vermeden'.

Volgens het CAPM hoeft in de waardering van een investeringsproject geen rekening te worden gehouden met projectspecifieke risico's voor zover die worden gecompenseerd door andere projectspecifieke risico's. De overheid pleegt zo veel investeringen dat alle projectspecifieke risico's zich meestal wel 'uitmiddelen', zodat de verwachte waarde zo goed als zeker wordt gerealiseerd. Projectspectifieke meevallers compenseren dan projectspectifieke tegenvallers.

De discontovoet wordt aldus bepaald:

$$(2) \quad \rho = r + \beta m$$

met:
 r = risicovrije discontovoet
 m = markt risico premie (extra rendement)

De β -coefficient bepaalt het systematische risico van het project (of projecteffect) en is gelijk aan de covariantie van het projectrisico met het - algemene- marktrisico. Indien de projecteffecten niet afhankelijk zijn van het systematische markt risico, dan dient te worden gekozen voor de risicovrije discontovoet, i.e. in (2) hebben we $\beta = 0$.

Het bepalen van een project- of effectspecifieke β -coefficient is niet eenvoudig. De mate van correlatie tussen risico's van bepaalde projecteffecten en het algemene systematische marktrisico dient hiervoor te worden bepaald. Daarom wordt in de MKBA-praktijk meestal een beta (β) van één verondersteld indien projecteffecten onzeker zijn (ministerie van Financiën, 2009).

De aanbevolen algemene risico-opslag weerspiegelt het macro-economische risico en is sinds 2003 vastgesteld op 3%.¹⁶ Zo mogelijk wordt dus de opslag voor het macro-economische risico projectspecifiek bepaald; deze kan zowel hoger als lager zijn dan het de aanbevolen, algemene risico-opslag (zie bovenstaande tekstbox). Een projectspecifieke

¹⁶ Voor 2003 werd niet gebruik gemaakt van een algemene risico-opslag (zie Commissie Risicowaardering, 2003). Voorgeschreven was dat de projectrisico's tot uitdrukking moesten komen in de kosten- en batenstromen. Echter, in de praktijk bleef de risicowaardering achterwege: de risico's kwamen niet tot uitdrukking in de kosten- en batenstromen en evenmin in de discontovoet. Veelal werd gehoozen voor het hanteren van de reële, risicovrije discontovoet van 4% in combinatie met het afkappen van de tijdshorizon, bijvoorbeeld na 30 jaar. Aan kosten en baten buiten de tijdshorizon wordt dan geen gewicht toegekend. Dit betekent dat baten buiten de tijdshorizon worden onderschat door hier geen waarde aan toe te kennen. Bij een constant groeiende stroom baten betekent deze praktijk dat feitelijk een veel hogere discontovoet voor de baten wordt gehanteerd: bij een jaarlijkse groei van 1 tot 3% van de baten gaat het om een discontovoet van 6 tot 7% in plaats van 4%.

risico-opslag die kleiner is dan het macro-economische risico, is redelijk als er een minder dan evenredige correlatie is tussen de stand van de economie en de projectbaten.

In een aanvulling op de Nederlandse MKBA-richtlijnen is in 2004 een nadere toelichting gegeven op het bepalen van een projectspecifieke risico-opslag (zie ministerie van Verkeer en Waterstaat et al., 2004, vooral paragraaf 3.4 en bijlage A). Aanbevolen wordt om afzonderlijke risico-opslagen vast te stellen voor afzonderlijke kosten- en batenstromen, voor zover die ook een duidelijk verschillend risicoprofiel hebben. Opgemerkt wordt ook dat projectspecifieke risico's vaak samenhangen met de mate waarin de kosten van een project flexibel zijn. Bij een project met overwegend vaste kosten compenseren meevallende kosten niet of nauwelijks tegenvallende baten als gevolg van een tegenvallende economie. De baten reageren op macro-economische gebeurtenissen en ontwikkelingen, maar de kosten nauwelijks. Het gevolg is dat het saldo van kosten en baten sterk reageert op die gebeurtenissen en ontwikkelingen. Omgekeerd, een project met overwegend variabele kosten kent veel flexibiliteit en zal een relatief beperkt macro-economische risico herbergen.

In de genoemde aanvulling uit 2004 (ministerie van verkeer en Waterstaat et al, 2004) worden drie voorbeelden voor het vaststellen van een projectspecifieke beta gegeven. Deze drie voorbeelden worden onderstaand kort besproken.

Eerste voorbeeld betreft de kosten-batenanalyse over de aanleg van de HSL-Oost infrastructuur (Dijkman et al., 2000; zie onderstaande tabel). Het gaat hier om investeringen om het treintraject tussen Utrecht en Duitsland te verbeteren door het inzetten van hoge snelheidstreinen wel of niet in combinatie met aanpassing van de infrastructuur.

Tabel 2.4 De schatting van projectspecifieke risico's bij MKBA HSL-Oost infrastructuur (Dijkman et al., 2000)

	Prijs	Volume	Beta	Risicopremie bij standaard risico-opslag van 3%
Kosten				
Bouw en onderhoud	Reële prijs van investeringen in infrastructuur		0,0	0,0
Exploitatiekosten	Reële prijs van intermediate leveringen en lonen in openbaar vervoer		0,5	1,5
Baten				
Exploitatieopbrengsten	Reële prijs van internationaal treinverkeer per reizigerskilometer	Internationaal treinverkeer in reizigerskilometers	0,7	2,1
Netto reizigersvoordelen	Reële loonvoet in de marktsector	Internationaal treinverkeer in reizigerskilometers	2,0	5,9

De projectspecifieke risico-opslag is berekend door op basis van historische reeksen, te kijken naar de covariantie tussen verschillende soorten kosten en baten en de macro-economische ontwikkeling (= volume groei bbp). Hieruit bleek dat de kosten (bouw, onderhoud en exploitatie) relatief weinig samenhang vertonen met de macro-economische ontwikkeling, terwijl bij de baten vooral de netto reizigersvoordelen hierdoor juist heel sterk werden beïnvloed (zie onderstaande tabel). Implicatie hiervan is dat een lagere risico-opslag moet worden gehanteerd voor de kosten, terwijl een veel hogere risico-opslag moet worden gehanteerd voor de toekomstige netto reizigersvoordelen. Vooral dit laatste heeft een groot effect op de uitkomst. Per saldo is het effect van deze projectspecifieke risicowaardering dan ook dat het project minder gunstig scoort in vergelijking met een standaard risico-opslag voor alle kosten en baten.

Het tweede voorbeeld is de Kengetallen Kosten-Batenanalyse Zuid As (Besseling et al., 2003). Voor de grondbaten is hierbij een risico-opslag vastgesteld op basis van historische rendementen in de vastgoedsector. Voor andere baten en de kosten is geen specifieke risico-opslag bepaald, maar is wel gekeken naar de gevoeligheid van de uitkomsten voor varianten met lagere en hogere aanvangshuren en verkoopprijzen en varianten met lagere en hogere investeringskosten.

Als derde en laatste voorbeeld wordt verwezen naar het publiek-private samenwerkingsproject aanleg van de A4/Zuid in combinatie met tolheffing. Bij analyse van de business case is onderscheid gemaakt tussen de risico's voor de infraprovider en de tolexploitatie. De risico's zijn geschat op basis van de rendementen van vergelijkbare beursgenoteerde ondernemingen: 8 voor infraprovider en 9 voor tolexploitatie. Hierbij is ook rekening gehouden met belastingheffing en vermogensstructuur.

Ondanks de MKBA-richtlijnen en genoemde voorbeelden is in de Nederlandse MKBA-praktijk het bepalen van een projectspecifieke risico-opslag meestal achterwege gelaten. In vrijwel alle gevallen werd in de afgelopen tien jaar gekozen voor de standaardwaarde van 3% voor het macro-economische risico (Bos, 2009). Uitgaande van een risicovrije rente van 2,5% is de gehanteerde discontovoet dan dus 5,5 %.

In 2009 is hierop nog een aanvulling gekomen (Bos, 2009; Werkgroep Lange Termijn Discontovoet, 2009). Bij de beoordeling van projecten, waarbij in belangrijke mate lange termijn onomkeerbaarheden spelen, zoals maatregelen om de gevolgen van klimaatverandering tegen te gaan, kan de standaard risico-opslag van 3% worden gehalveerd. Dergelijke maatregelen kunnen worden gezien als een soort verzekering tegen een toekomstige onwenselijke situatie en dus het risico verminderen. De gehanteerde discontovoet voor deze effecten wordt dan dus 4%.

De halvering van de risico-opslag is alleen toegestaan als aan twee voorwaarden wordt voldaan:

- Het betreft negatieve externe effecten die door het project worden ondervangen of juist veroorzaakt. Zonder dergelijke externe effecten is de marktprijs een goede weerspiegeling van de maatschappelijke kosten en baten.
- Het betreft effecten met een onomkeerbaar karakter.

Voorbeelden van projecten die voor een halvering van de risico-opslag in aanmerking kunnen komen zijn beperking van CO₂-uitstoot, beperking van de uitstoot van fijnstof (niet alleen extern effect, maar ook onomkeerbare effecten op gezondheid), bebouwen van open ruimte (stadsuitbreiding is in de praktijk meestal onomkeerbaar) en effecten op natuur (alleen de onomkeerbare schade, zoals verkleinen van uniek natuurgebied en alleen als de effecten daadwerkelijk zijn gemonetariseerd). Vooral aan de voorwaarde van onomkeerbaarheid wordt bij veel projecten niet voldaan. Bij restauratie en behoud van monumenten zal het inderdaad vaak gaan om het ondervangen van negatieve externe effecten, maar is vrijwel nooit sprake van onomkeerbaarheid. Een uitzondering kan zijn als afbraak van het monument serieus wordt overwogen, bijvoorbeeld om de aanleg van een snelweg mogelijk te maken.

Discontovoet en reële-optiebenadering

Toepassen van de reële-optiebenadering vraagt om de mogelijkheid om de discontovoet te kunnen variëren, zowel tussen projectalternatieven (per optie en in afwijking van het referentiealternatief) als in de tijd. Differentiatie van de discontovoet per projectalternatief is nodig om een goede vergelijking te maken tussen projecten met verschillende mate van risico. Stel dat de verwachte waarde van twee projectalternatieven 2 miljoen euro is, maar dat het ene project een standaarddeviatie van 0,5 miljoen euro heeft en dat de ander een standaarddeviatie van 1 miljoen euro heeft. Gegeven risicoaversie, verdient het eerste project dan duidelijk de voorkeur.

Het meenemen van opties in een MKBA conflicteert niet met de door het kabinet voorgeschreven discontovoet (inclusief risico-opslag), aangezien gebruik mag worden gemaakt van endogene en projectspecifieke risico-opslagen.

Dergelijke opties kunnen een lager risico hebben dan het macro-economische risico. Als bijvoorbeeld de opbrengst van een optie niet afhankelijk is van het macro-economische risico (beta = 0, o.a. Europese callopties die je met Black-Scholes kunt analyseren; zie tekstbox op pagina 20), dan is een discontovoet van 2,5% opportuun volgens het kabinetsvoorschrift. Maar het kan ook gaan om risico's die een stuk hoger zijn dan het macro-economische risico. Indien het projectspecifieke risico meer dan gewoonlijk afhangt van het macro-economische risico, is een discontovoet groter dan 5,5% logisch (beta >1).

Bij het bepalen van de correcte discontovoet in een reële-optiesetting (bij simulatie van allerlei toekomstpaden), kan die dus zowel padafhankelijk als, per pad, jaarafhankelijk zijn. Dit kan alleen worden bepaald op basis van een nadere specifieke analyse. Deze discontovoet

is dus alleen onder zeer specifieke omstandigheden eenvoudig samen te vatten als een vaste risico-opslag per optie.

Projectspecifieke risico's en scenario's

Bij MKBA's wordt bij het analyseren van een referentie-alternatief en de gevoeligheidsanalyses vaak gebruik gemaakt van sociaal-economische en klimatologische scenario's (WLO-scenario's en KNMI-scenario's). Deze scenario's zijn echter expliciet niet bedoeld als kansverdelingen voor sociaal-economische en klimatologische ontwikkelingen. Deze kunnen dus ook niet als zodanig worden gebruikt bij het bepalen van de project-specifieke risico's.

Het is wel mogelijk om een kansverdeling te bepalen los van de scenario's, maar dat werkt alleen als een beperkt aantal indicatoren centraal staat (bijv. economische groei en zeespiegelstijging). Een voorbeeld hiervan is de MKBA Waterveiligheid 21e eeuw (Kind, 2011). Voor de Monte-Carloanalyse naar de onzekerheden in verwachte economische groei is niet aangesloten bij de WLO-scenario's maar is informatie van een andere CPB-studie (Broer, 2010) gebruikt. In deze CPB-studie is een lange termijn economische groeivoet van Nederland van 1,89% per jaar gehanteerd met een standaarddeviatie 1,44%. Over een periode van 39 jaar (van 2011 tot 2050) betekent dit een totale verwachte groei van 2,08 ($1,0189^{39}$) met een standaarddeviatie van 0,19. Uitgaande van een (log)normale kansverdeling is vervolgens het effect van de onzekerheid over de verwachte economische groei op de berekende economisch optimale dijkhoogte bepaald.

Een aandachtspunt bij kansverdelingen zoals die voor de klimaatverandering en stijging van de zeespiegel is de mogelijkheid dat deze 'dikke staarten' (een relatief grote kans op extreme uitkomsten) hebben en dat de uitkomsten hierdoor sterk worden beïnvloed.¹⁷ Ook kan sprake zijn van asymmetrische kansverdelingen; dit laatste is bijvoorbeeld plausibel bij onzekerheden in de politiek en uitvoering: de kans op en bandbreedte van vertraging van een investeringsproject zijn vaak veel groter dan de kans op en bandbreedte van versnelling en vervroegde oplevering.

Een pragmatische aanpak

In de Nederlandse MKBA-praktijk (zie bijvoorbeeld Bos, 2009) wordt meestal gekozen voor een discontovoet van 5,5%, aangevuld met gevoeligheidsanalyse voor een lagere en hogere discontovoet, respectievelijk 4% en 7%.

Als pragmatische oplossing voor het bepalen van de waarde van reële opties stellen we wat betreft de discontovoet een aanpak in twee stappen voor. Als eerste stap kan, in aansluiting op de Nederlandse MKBA-praktijk en MKBA-voorschriften, de netto contante waarde van diverse opties worden bepaald op basis van een vaste discontovoet van 5,5% (met bij voorkeur ook gevoeligheidsanalyses op basis van 4% en 7%). Bij de vergelijking van opties kan vervolgens als tweede stap rekening worden gehouden met eventuele verschillen in

¹⁷ Zie bijvoorbeeld Weitzman, M.L. (2011).

onzekerheid. Dit kan kwalitatief, maar kan ook op basis van empirische analyse kwantitatief worden ingevuld.

2.5 Reële opties en Adaptief Deltamanagement

Het Deltaprogramma volgt het concept van Adaptief Deltamanagement: gefaseerde besluitvorming die expliciet en transparant rekening houdt met onzekere ontwikkelingen op de lange termijn. Adaptief Deltamanagement stimuleert een integrale aanpak van opgaven en verkleint het risico dat te veel of te weinig wordt geïnvesteerd in de toekomstige waterveiligheid en zoetwatervoorziening.

Kernpunten van Adaptief Deltamanagement (zie ook Stratelligence, 2012a) zijn de volgende vier onderdelen:

1. Kortetermijnbeslissingen verbinden met langetermijnopgaven voor waterveiligheid en zoetwater;
2. Flexibiliteit inbouwen in oplossingsrichtingen (waar effectief);
3. Werken met meerdere strategieën waartussen gewisseld kan worden (adaptatiepaden);
4. Verschillende investeringsagenda's met elkaar verbinden.

Bovenstaande beschrijving van Adaptief Deltamanagement uit het Deltaprogramma 2013 geeft de mogelijkheid om de relatie met MKBA's (en daarbinnen het waarderen van flexibiliteit) te concretiseren.

De tweede en de derde bullet hebben betrekking op de flexibiliteit, zoals beschreven in dit hoofdstuk. De tweede bullet definieert dat oplossingsrichtingen (in MKBA-jargon: projectalternatieven) flexibel moeten zijn. Het gaat hier bijvoorbeeld om 'De mogelijkheid om een maatregel bijvoorbeeld stapsgewijs uit te voeren, of te kunnen versnellen of vertragen, biedt meer mogelijkheden om de realisatie van een strategie of maatregel af te stemmen op de daadwerkelijk optredende ontwikkelingen. Om de waarde van flexibiliteit te bepalen, wordt het effect van afnemende onzekerheid over tijd meegenomen' (Stratelligence, 2012a, p. viii). De derde bullet over adaptiepaden gaat in op het punt dat flexibiliteit afhankelijk van het scenario ingezet moet worden. Bij verschillende scenario's kan ook een verschillende timing, vormgeving en maatvoering van investeringen optimaal zijn. Een flexibele investeringsstrategie kan dan betekenen dat de timing, vormgeving en maatvoering van investeren zo lang mogelijk open wordt gehouden. De waarde van de flexibiliteit hangt af van de veronderstelde scenario's en de kans op de verschillende scenario's. Dit sluit direct aan op de waardering van flexibiliteit zoals bovenstaand besproken.

De beide andere bullets betreffen het verbinden van investeringsagenda's. Om de korte met de lange termijn met elkaar te verbinden (eerste bullet) dienen projectalternatieven zodanig gedefinieerd te worden dat ze verder kijken dan het 'hier en nu'. Daarnaast moeten de effecten niet alleen voor de korte termijn maar ook voor de lange termijn worden bepaald.

Dit zijn twee belangrijke aspecten die in elke MKBA aandacht behoren te krijgen, bijvoorbeeld door het gebruik van scenario's met een voldoende lange horizon. Beide aspecten vormen de kern van elke MKBA, maar zijn niet direct gekoppeld aan reële-optiewaardering. Door het inbouwen van flexibiliteit in de kortetermijnbeslissing kan wel de verbinding met de lange termijn worden vergemakkelijkt.

Een extreem voorbeeld van synergie-effecten tussen korte en lange termijn treedt op in geval van zogenaamde 'lock in', namelijk als kortetermijnbeslissingen ervoor zorgen dat langetermijnmaatregelen niet meer goed mogelijk of heel duur worden. Het kan hier ook om een sluipend proces gaan: diverse kleine kortetermijnmaatregelen blokkeren ieder op zich niet bepaalde langetermijnmaatregelen, maar tezamen hebben zij wel dit effect. Een voorbeeld dat in het kader van Adaptief Deltamanagement wordt genoemd is dijkversterking: als telkens wordt gekozen voor dijkversterking passen de ruimtelijke ordening en de publieke en private investeringen (woningen, kantoren, infrastructuur, etc.) zich hierbij aan en dan worden alternatieve oplossingen, zoals veranderen van de afvoerverdeling van de Rijn, steeds minder aantrekkelijk, want steeds kostbaarder. Om te kijken of kortetermijnbeslissingen veel meer rekening zouden moeten houden met specifieke langetermijnoverwegingen, moet dat apart worden geanalyseerd in termen van kosten en baten op de lange termijn. In dit geval hangt dat bijvoorbeeld sterk af van hoe veelbelovend een andere afvoerverdeling van de Rijn is als toekomstige investeringsstrategie. Als de baten hiervan zeer onwaarschijnlijk, zeer onzeker en vrij beperkt van zijn, dan zal dit geen of nauwelijks aanpassing van de kortetermijnbesluitvorming rechtvaardigen.

De vierde bullet over het verbinden van verschillende investeringsagenda's lijkt niet direct te maken te hebben de waardering van flexibiliteit. Doel is synergievoordelen tussen verschillende projecten te benutten; deze voordelen kunnen tot uiting komen in maatschappelijke meerwaarde, kostenbesparing en financieringsmogelijkheden (zie Stratelligence, 2012a, p. viii). Synergie en reële opties zijn verschillende dingen. Synergie-effecten kunnen ervoor zorgen dat investeringen die op zichzelf niet rendabel zijn, dit wel worden als de projecten worden gecombineerd. Niet voldoende rekening houden met synergie-effectendoor bijvoorbeeld geen aanpassing van de timing of vormgeving van een investering, kan ook betekenen dat de kosten bij het andere project veel hoger uitvallen. Het inbouwen van flexibiliteit in een of meerdere investeringsagenda's kan helpen deze synergie-effecten te benutten.

Als in de besluitvorming van een investeringsproject synergie-effecten met andere investeringsprojecten¹⁸ een belangrijke rol lijken te spelen, dan moet dit in een MKBA op een heldere en transparante manier worden meegenomen. Het goed in kaart brengen van synergie-effecten tussen project A en B vergt aparte MKBA's van zowel project A als project B. Daarnaast dient er een MKBA te worden gemaakt van het gecombineerde project 'A+B'. Als

¹⁸ Het onderwerp synergie-effecten en de afbakening van een investeringsproject staat niet helder in de OEI-leidraad. Omdat dit in de MKBA-praktijk toch een zeer belangrijk onderwerp bleek te zijn, is dit nader uitgewerkt en toegelicht in Ossokina en Eijgenraam (2010). In de nieuwe algemene MKBA leidraad wordt wel expliciet aandacht besteed aan dit onderwerp (zie Romijn en Renes, 2013, paragraaf 5.4.1 Ondeelbaarheid en paragraaf 5.4.5 Synergie-effecten inzichtelijk maken, pp. 88-90).

geldt dat de som van de MKBA van project A plus de MKBA van project B gelijk is aan de MKBA van het gecombineerde project 'A+B', dan zijn er geen synergie-effecten. Indien de MKBA van de gecombineerde uitvoering 'A+B' groter is dan de som van de MKBA van de beide delen, dan zijn er positieve synergie-effecten. Er kunnen ook negatieve synergie-effecten optreden.

Positieve synergie-effecten zijn economisch gezien nog geen doorslaggevende reden voor het gezamenlijk uitvoeren van een project. Als bijvoorbeeld project B meer kost dan dat het oplevert, dan zal het in veel gevallen zo zijn dat zelfs als er positieve synergie-effecten zijn het economisch verstandig is om dit project niet uit te voeren. Ook als project A wel doorgaat.

Om synergie-effecten goed in kaart te brengen is het noodzakelijk om de projecten juist ook *apart* te beoordelen. In de praktijk roept deze aparte beoordeling geregeld veel vragen op en vandaar dat een zorgvuldige en heldere presentatie van de resultaten dan extra belangrijk is.

Voor de 'vervangingsopgave natte kunstwerken' kunnen synergie-effecten met andere private en publieke investeringen reden zijn om andere vormgeving en maatvoering als opties op te nemen. Als een tijd geleden bijvoorbeeld was besloten het Volkerak-Zoommeer zout te maken, dan was vervanging van de zoet-zoutscheiding bij de Krammersluizen niet meer nodig. In de praktijk zal het vermoedelijk vooral de kwestie van timing zijn die relevant is: wat zijn de kosten en baten van de optie van het vervroegen of uitstellen (eventueel faseren) van de vervanging van een nat kunstwerk, gelet op de mogelijke synergie-effecten met groot onderhoud van dijken of andere publieke of private investeringen.

Om deze synergie-effecten te kunnen benutten, kan het nodig zijn om aanpassingen bij de 'vervangingsopgave natte kunstwerken' te maken, zoals andere timing, vormgeving en maatvoering. De waarde van deze opties tot aanpassing hangt af van de extra kosten door deze aanpassingen, en de omvang van de mogelijke synergie-effecten in termen van lagere totale kosten of hogere totale baten. Deze opties om bij de 'vervangingsopgave van natte kunstwerken' rekening te houden met synergie-effecten zijn natuurlijk alleen relevant als het gaat om duidelijke en substantiële synergievoordelen.

We kunnen daarom stellen dat we met 'het waarderen van flexibiliteit' het begrip Adaptief Deltamanagement redelijk omvatten. De reële-optiebenadering kan daarom worden gezien als een kernbegrip dat volledig past binnen het Adaptief Deltamanagement. Bij Adaptief Deltamanagement speelt het verbinden van investeringsagenda's, bijvoorbeeld tussen korte en lange termijn, en tussen die van publieke en privaat, een belangrijke rol. Ook hierbij kan het inbouwen van flexibiliteit van groot belang zijn. Voor een goede en transparante analyse is het echter van belang de verschillende investeringsagenda's en hun opties voor flexibiliteit eerst apart en dan pas gezamenlijk te bekijken.

3 Reële opties en VONK

In dit hoofdstuk wordt de ‘vervangingsopgave natte kunstwerken’ toegelicht en wordt in algemene termen verkend in hoeverre de reële-optiebenadering hiervoor bruikbaar zou kunnen zijn. Aan het eind van het hoofdstuk wordt een pragmatische aanpak voor de reële-optiebenadering geformuleerd. In het volgende hoofdstuk en bijlage 2 wordt deze toegepast op de ‘vervangingsopgave natte kunstwerken’ rondom het Volkerak-Zoommeer en de Grevelingen.

Wat is VONK?

Nederland heeft een omvangrijke infrastructuur bestaande uit twee waternetwerken, het hoofdvaarwegennet (HVWN) en het hoofdwatersysteem (HWS). Hierin zitten ongeveer 650 natte kunstwerken (zie Deltaprogramma 2013, p. 90). Deze sluizen, stuwen, stormvloedkeringen, gemalen en bruggen spelen een belangrijke rol in de waterveiligheid, zoetwaterverdeling en vlotte doorstroming van de scheepvaart. Naast de genoemde netwerken bestaat er ook nog het Hoofdwegennet (HWN). Bruggen uit het HVWN-waternet spelen ook een grote rol in het HWN-wegennet.

Figuur 3.1 Kunstwerken in Nederland



Figuur 1 Overzicht van de kunstwerken binnen het hoofdwegennet.
(bron DISK, april 2012)



Figuur 2 Overzicht van de kunstwerken binnen het HVWN.
(bron DISK, april 2012)



Figuur 3 Overzicht van de kunstwerken binnen het HWS.
(bron DISK, april 2012)

Een groot deel van de natte kunstwerken is gebouwd aan het begin van de vorige eeuw, met een piek in de periode tussen 1930 en 1940, onder andere als gevolg van de aanleg van het Twentekanaal (zie bovenstaande figuur 3.1). Ook in de periode tussen 1950 en 1980 zijn veel natte kunstwerken gebouwd, onder andere door de uitvoering van de Deltawerken (Deltaprogramma 2013, Bijlage H). Door veroudering en intensief gebruik naderen veel natte kunstwerken het einde van hun levensduur, waardoor vervanging of renovatie noodzakelijk is. Het gaat hier zowel om einde van de technische levensduur (bijvoorbeeld technisch functioneert het niet meer goed of voldoende) als om einde van de functionele levensduur (bijvoorbeeld een sterke toename van de scheepvaart of de komst van veel grotere schepen waardoor wachttijden bij sluizen sterk oplopen).

Hoe relevant is de reële-optiebenadering voor VONK?

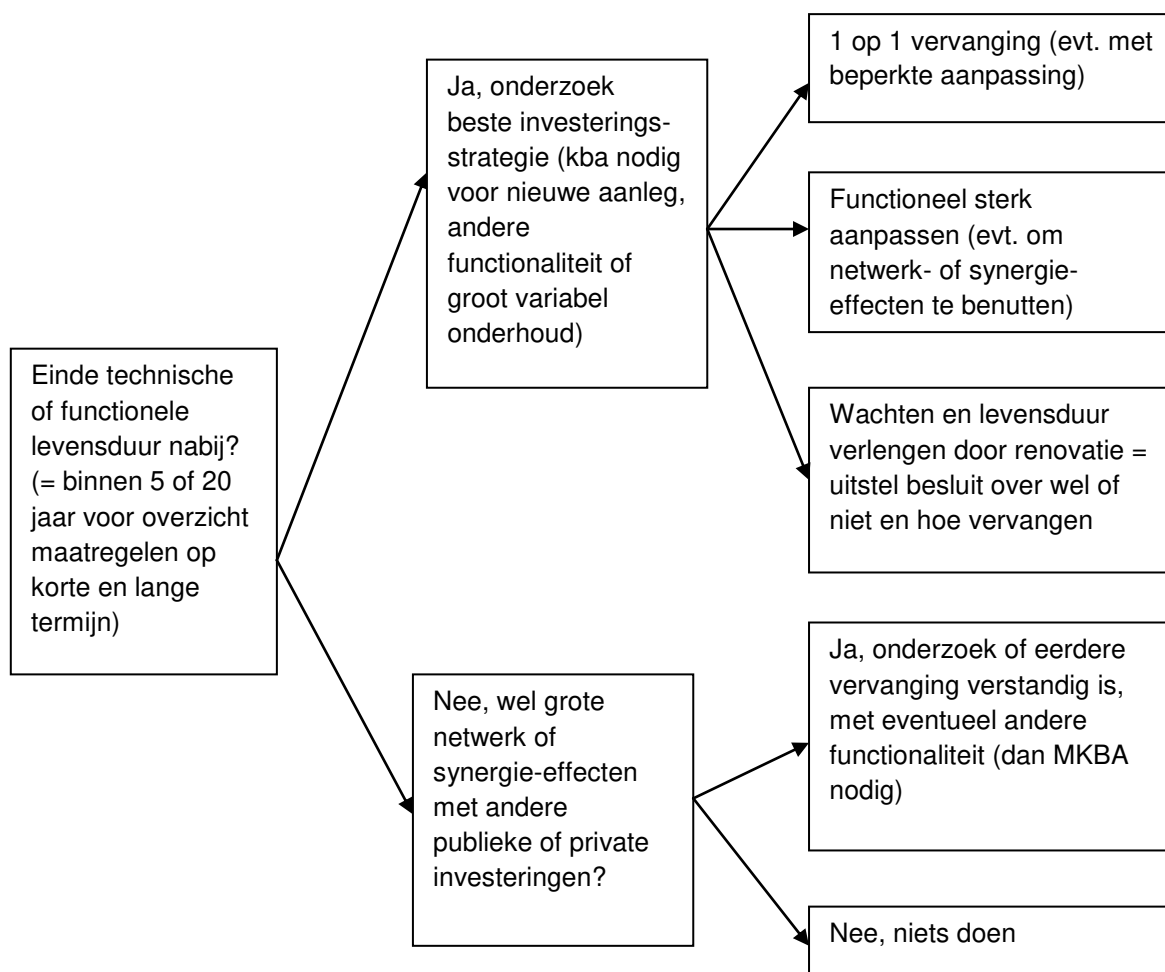
Flexibiliteit is zeer relevant voor de 'vervangingsopgave van natte kunstwerken':

- Zeer lange technische en functionele levensduur gecombineerd met vaak grote onzekerheid over toekomstige technische en economische ontwikkelingen, zowel op korte als op lange termijn. Dit betekent dus mogelijk grote baten van uitstel van investeringen en wachten op nieuwe informatie;
- Investerings in natte kunstwerken zijn vaak onomkeerbaar: natte kunstwerken zijn maatwerk en kunnen niet of alleen tegen grote kosten ergens anders worden ingezet. In tegenstelling tot huizen en auto's is er geen sprake van een goede tweedehandsmarkt in natte kunstwerken. Ook is sprake van grote lock-in-effecten met bijbehorende 'sunk costs' door netwerkeffecten en padafhankelijkheid. Dit betekent bijvoorbeeld dat als besluiten over een deel van de natte kunstwerken in een netwerk worden gedaan, dit ook gevolgen heeft voor de andere kunstwerken in dit netwerk. Het kan ook betekenen dat geheel alternatieve oplossingen soms niet meer goed mogelijk zijn. Het loont dus de moeite adequaat de kosten en baten van extra flexibiliteit in kaart te brengen.
- Zekerheid voor burgers en bedrijven over de natte infrastructuur is belangrijk. Het voordeel van extra robuustheid (is een vorm van flexibiliteit) van investeringen in natte infrastructuur tegen bepaalde mogelijke economische of klimatologische omstandigheden, kan echter een grote prijs hebben, namelijk grote 'sunk costs' vanwege een gebrek aan flexibiliteit om in te spelen op nieuwe omstandigheden en inzichten.
- Meerdere functionaliteiten van natte kunstwerken, zoals bij een groot sluizencomplex als de Volkeraksluizen, en samenhang met onderhoud van dijken en andere publieke en private investeringen. Dit betekent dat de optimale timing, vormgeving en maatvoering van vervanging van één specifieke functionaliteit van een nat kunstwerk vaak niet partieel moet worden bekeken, maar in samenhang met de andere functionaliteiten en in samenhang met het onderhoud aan dijken en mogelijke andere publieke en private investeringen. Bij de vervanging van natte kunstwerken kunnen dus vele opties in termen van andere timing (eerder, later of faseren; soms in combinatie met renovatie) en andere vormgeving en maatvoering relevant zijn.
- Investerings kunnen door fasering in stukjes worden gehakt: dit heeft het nadeel van verlies aan schaalvoordelen, maar het voordeel van flexibiliteit. Als de vaste kosten groot zijn, zoals vaak het geval is bij natte kunstwerken, dan is het minder aantrekkelijk om een investering in delen aan te leggen en juist relatief aantrekkelijk om vanwege schaalvoordelen te overdimensioneren in functionaliteit.
- Bij sommige natte kunstwerken zijn flexibele opties heel relevant. Dit geldt bijvoorbeeld voor een brug. Deze kan in eerste instantie worden aangelegd met een autoweg en een fietspad. Als de verkeersbehoefte groeit, kan het fietspad worden veranderd in een extra rijstrook voor wegverkeer en kan tegen relatief beperkte kosten daarnaast een aparte fietsbrug worden aangelegd. Een ander voorbeeld is de aanleg van de Volkeraksluizen: hierbij was ruimte binnen het complex gereserveerd voor de aanleg van een eventuele extra sluiskolk op termijn.
- Informatie komt soms alleen beschikbaar als je eerst een beetje investeert en experimenteert. Dit geldt ook voor natte kunstwerken, bijvoorbeeld voor nieuwe

methoden om schepen sneller door sluizen te loodsen of voor nieuwe technieken om zoet en zout water te scheiden.

Voor het gebruik van de reële-optiebenadering zijn twee invalshoeken relevant bij VONK (zie figuur 3.2). De eerste invalshoek is: als het einde van de technische of functionele levensduur nabij is, wat is dan beste investeringsstrategie: 1 op 1, functionele aanpassing, renovatie? In de praktijk van VONK wordt nog een breder palet aan keuzemogelijkheden geschetst: niets doen, 1 op 1-vervanging, 1 op 1-vervanging met beperkte verbetering, functionele aanpassing (complexere vervangingsopgave), verlenging technische levensduur door renovatie of intensiveren onderhoud, vermindering gebruik en sloop (zie RWS VONK team, 2012).

Figuur 3.2 Beslissingsschema vervangingsopgave natte kunstwerken (enigszins vereenvoudigd)

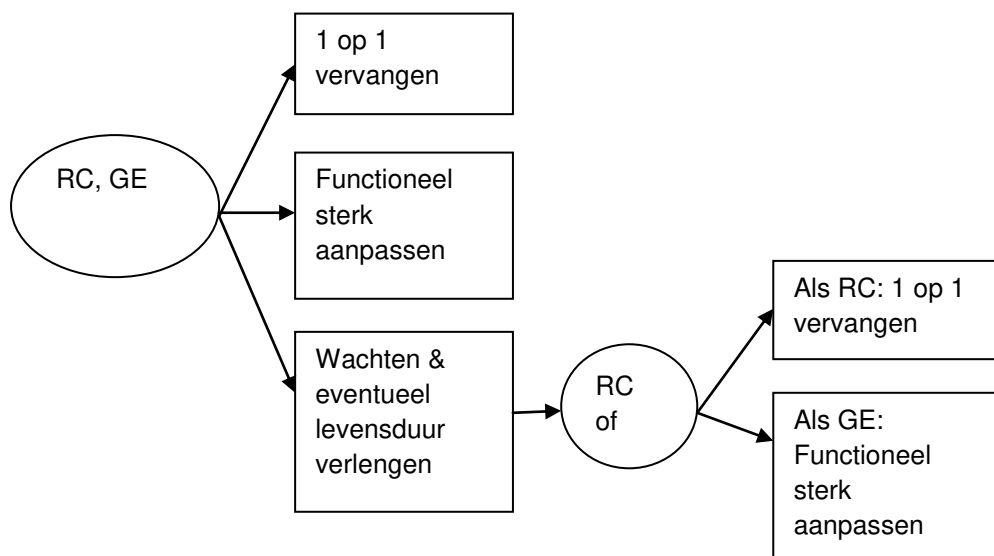


De tweede invalshoek is: als het einde van technische of functionele levensduur niet nabij is, kan eerdere vervanging misschien toch verstandig zijn gelet op de netwerk- of synergie effecten met andere publieke of private investeringen? Het kan hier bijvoorbeeld gaan om groot onderhoud aan dijken, investeringen in het kader van het Deltaprogramma en regionale investeringsagenda's.

Bij beide invalshoeken is de reële-optiebenadering bruikbaar. Bijvoorbeeld:

- Is het beter 1 op 1 te vervangen of functioneel sterk uit te breiden? Gegeven een bepaalde kans op een economisch scenario, welke scoort het best in termen van verwachte netto contante waarde?
- Hoe verstandig is uitstel en renovatie? Gegeven een bepaalde kans op een economisch scenario en rekening houdend met het feit dat na enige tijd steeds duidelijker wordt welk scenario van toepassing is, wat is de (verwachte) netto contante waarde van flexibele opties in vergelijking met direct beslissen? In onderstaande figuur 3.3 is in eerste instantie onduidelijk welk economische scenario van toepassing is: Regional Communities (lage economische groei) en Global Economy (hoge economische groei). Maar als lang genoeg wordt gewacht, wordt (meer) duidelijk welk scenario van toepassing is. In geval van Regional Communities is het dan optimaal 1 op 1 te vervangen en bij Global Economy is het optimaal om functioneel sterk aan te passen. De optie van uitstel kan dan worden vergeleken met de verwachte waarde van direct beslissen.
- Hoe verstandig is vervroegde vervanging gelet op de directe effecten van de investering of synergie-effecten met andere private en publieke investeringen? Gegeven een bepaalde kans op een economisch scenario, wat zijn de verwachte extra kosten van deze vervroegde vervanging en zijn deze minder dan de verwachte netto baten door deze synergie-effecten?

Figuur 3.3 Beslissingschema VONK als einde technische of functionele levensduur nabij is met kansverdeling voor verschillende scenario's (RC = Regional Communities, GE = Global Economy).



De verschillende investeringskeuzes hebben ook een relatie met de financieringsstructuur (service en onderhoudsbudget, groot onderhoud budget, budgetten voor nieuwe investeringsprojecten) en verschillende besluitvormingsprocedures.¹⁹ Als het gaat om een grote verandering van functionaliteit en grote bedragen, dan is RWS niet alleen verantwoordelijk. De financiering en besluitvormingsprocedure veranderen dan ook, want deze moet dan de MIRT-spelregels volgen, inclusief een MKBA-procedure. Andere financiers kunnen bij dergelijke projecten dan ook een grote rol spelen. Hierbij kan worden gedacht aan het Deltaprogramma of het Hoogwaterbeschermingsprogramma, regionale overheden (gemeenten, provincies en waterschappen) en private partijen zoals ondernemers, natuurorganisaties en lokale bewoners. Als het gaat om een beperkte verandering van functionaliteit, dan is RWS volledig verantwoordelijk, maar kan toch sprake zijn van financiering uit verschillende budgetten. Al te rigide scheiding van deze budgetten kan dan een goede afweging van investeringsalternatieven bemoeilijken.

Een pragmatische reële-optiebenadering voor VONK

Zoals Robert Merton in zijn Nobelprijslezing benadrukte (zie paragraaf 2), moet bij het gebruik van wiskundige formules voor bepaling van de waarde van opties goed worden gelet op de relevantie van de veronderstellingen die hieraan ten grondslag liggen. De 'vervangingsopgave natte kunstwerken' heeft veel kenmerken die het minder geschikt maakt voor een reële-optiebenadering, waarbij met beslissbomen of daarvan afgeleide formules wordt gestreefd naar het berekenen van één verwachte waarde van de optie:

- Een nat kunstwerk is vaak deel van een complex met andere natte kunstwerken en met diverse functies, zoals voor beroepsscheepvaart, recreatievaart, waterbeheer (regulering waterpeil en waterkwaliteit), wegverkeer en ecologie (bijvoorbeeld een vispassage).
- Een nat kunstwerk is ook vaak deel van een netwerk van natte kunstwerken, bijvoorbeeld een netwerk van vaarwegen of een hoofdwater- of regionaal watersysteem. Een berekening van optiewaarden die dit allemaal meeneemt, wordt erg complex en is waarschijnlijk praktisch niet erg zinvol.
- Niet alle kosten en baten zijn goed te monetariseren; dit geldt bijvoorbeeld vaak voor milieueffecten. Deze kosten en baten kunnen dus ook niet worden meegenomen bij de bepaling van de *verwachte* waarde van de reële opties.
- Kernonzekerheden als sociaal-economische ontwikkeling en klimaat kunnen niet goed in een kansverdeling worden vertaald. Sociaal-economische scenario's (WLO, van CPB en PBL) en klimaatscenario's (van het KNMI) zijn hier niet voor ontworpen en ook niet beschikbaar. Daarnaast spelen diverse andere onzekerheden bij VONK een grote rol, zoals bestuurlijke onzekerheden en technologische onzekerheden (zie onderstaande tabel). Een deel van deze onzekerheden, zoals over de doorlooptijd, het beschikbare budget en wijzigende politieke voorkeuren, geeft aan dat de spelregels waaronder deze opties kunnen worden verzilverd, niet vastliggen. Vanwege deze vele onzekerheden is flexibiliteit van groot belang voor VONK, maar de kansverdelingen van deze onzekerheden zijn onbekend en zeer moeilijk in te schatten en daarom kan de waarde

¹⁹ Zie RWS VONK team (2012).

van extra flexibiliteit ook niet op een enigszins betrouwbare manier worden vertaald in één optiewaarde.

Tabel 3.1 VONK en verschillende soorten onzekerheid

Soort onzekerheid	Voorbeeld
Algemene ontwikkeling	
Macro-economisch	Hoge of lage economische groei zorgt voor veel of weinig toename van de scheepvaart
Klimatologisch	Snelle stijging van zeeniveau kan leiden tot extra waterveiligheidsrisico's
Politiek, bestuurlijk of algemeen budgettair	Nieuwe politieke coalities kunnen leiden tot nieuwe prioriteiten; budgettaire problemen kunnen zorgen voor een algemene korting op rijksuitgaven
Specifieke ontwikkeling natte kunstwerken	
technologie	Innovatieve manieren van zoet-zoutscheiding kunnen tot andere en goedkopere oplossingen leiden
relatieve prijzen	Sterke loonstijgingen bij aannemers van natte kunstwerken kunnen leiden tot extra budgettaire druk
gebruik natte vaarwegen	Extra grote duwbakken kunnen binnenvaart aantrekkelijker maken als vervoersalternatief, maar kunnen ook aanpassing van sluizen vragen
technische levensduur	Technische levensduur van een brug blijkt veel korter te zijn dan verwacht
operationele uitvoering	Uitvoering van een nieuwe sluis en herinrichting omgeving kost veel meer tijd dan verwacht
synergie publiek	Afhankelijk van de besluitvorming over het Volkerak-Zoommeer, kunnen kostenvoordelen worden gerealiseerd bij de aanpassing van de Krammersluizen
synergie met privaat	Als getij in het Grevelingen wordt geïntroduceerd, kan het voor particuliere ondernemers misschien aantrekkelijk worden een getijcentrale bij de Brouwersdam aan te leggen

In deze notitie wordt daarom gekozen voor een pragmatische toepassing van de reële-optiebenadering. Deze bestaat uit drie stappen:

1. Kijk naar alle opties voor flexibiliteit: niet alleen andere timing, maar ook andere vormgeving, maatvoering of extra onderzoek.
2. Zoek actief naar no-regret-opties.
3. Als die er niet zijn, bepaal de waarde van de opties indicatief en kies dan de meest gunstige optie.

De eerste stap van de reële-optiebenadering is ook de belangrijkste, te weten identificeer voor elk investeringsproject de verschillende mogelijkheden van flexibiliteit en kennisvergroting. Vaak worden diverse mogelijkheden over het hoofd gezien of zonder nader onderzoek afgewezen of uitgesloten. Eén aspect van flexibiliteit is timing. Bepaal bijvoorbeeld of het economische meerwaarde heeft om de aanleg van een project uit te stellen. Men kan kijken of het uitstellen van het project met één jaar tot een verhoging van het rendement leidt (in OEI-leidraad 'first year rate of return' genoemd). Men kan ook kijken naar het uitstellen van het project naar het moment totdat er nieuwe informatie beschikbaar is, of dat om andere redenen knik- en kantelpunten in kosten of baten ontstaan. Ook dit kan leiden tot helderheid welk projectalternatief het hoogste rendement heeft.

Ook blijkt het vaak mogelijk om no-regret-opties te definiëren (stap 2). Doe bijvoorbeeld een 'reguliere' gevoeligheidsanalyse met verschillende scenario's. Het is mogelijk dat het

inbouwen van een bepaalde mate van flexibiliteit in een projectalternatief in alle scenario's rendabel is. Exacte waardering van de opties voor flexibiliteit is dan niet nodig. Dit is een les die ook blijkt uit de Nederlandse MKBA's waarin wel aandacht is besteed aan het inbouwen van flexibiliteit in de investeringsalternatieven.

Bij deze eerste twee stappen van de toepassing van de reële-optiebenadering is het opstellen van een beslisboom zeer belangrijk en nuttig. Dit vergroot het inzicht in het probleem en de mogelijke oplossingen, inclusief de diverse opties voor extra flexibiliteit en kennis. Onze ervaring is dat vaak na het schetsen van enkele versies van de beslisboom het probleem en de mogelijke oplossingen helder worden. Ook kan een beslisboom een belangrijk hulpmiddel zijn om met derden te overleggen over de mogelijke oplossingen.

Als bij de tweede stap no-regret-opties niet kunnen worden gevonden, kan als derde stap worden overgegaan tot het indicatief bepalen van de waarde van opties bij verschillende scenario's en veronderstellingen. Op basis van een beslisboom met eenvoudige maar relevante veronderstellingen, kunnen vaak toch berekeningen worden gemaakt die inzicht geven in de verwachte waarde van diverse opties over verschillende scenario's.²⁰ Hierbij is het logisch in eerste instantie de netto contante waarde van de diverse opties te bepalen op basis van de 'standaard' vaste discontovoet van 5,5% (met eventueel ook gevoeligheidsanalyse voor een vaste hogere en lagere discontovoet, respectievelijk 4% en 7%). Bij de vergelijking van opties kan dan eventueel als een vervolgstap rekening worden gehouden met verschillen in onzekerheid tussen de diverse opties (zie paragraaf 2.4).

Investeringsprojecten in natte infrastructuur hebben vaak een samenhang met andere publieke en private investeringen. Hierbij kunnen ook timing (bijvoorbeeld korte versus lange termijn) en schaalniveau (bijvoorbeeld lokaal versus nationaal of op netwerkniveau) van de investeringsprojecten verschillen. Het leggen van verbindingen tussen verschillende investeringsprojecten is ook een belangrijk onderdeel van Adaptief Deltamanagement. Combinaties van investeringsprojecten moeten echter eerst apart en daarna pas als combinatie worden geanalyseerd (zie paragraaf 2.5). Vervolgens kan bij elk van deze analyses de reële-optiebenadering extra inzichten opleveren: wat zijn de kosten en baten van de diverse opties voor extra flexibiliteit? Directe toepassing van de reële-optiebenadering op combinaties van investeringsprojecten is echter niet verstandig en dit is ook in strijd met de algemene aanbevelingen voor MKBA's.

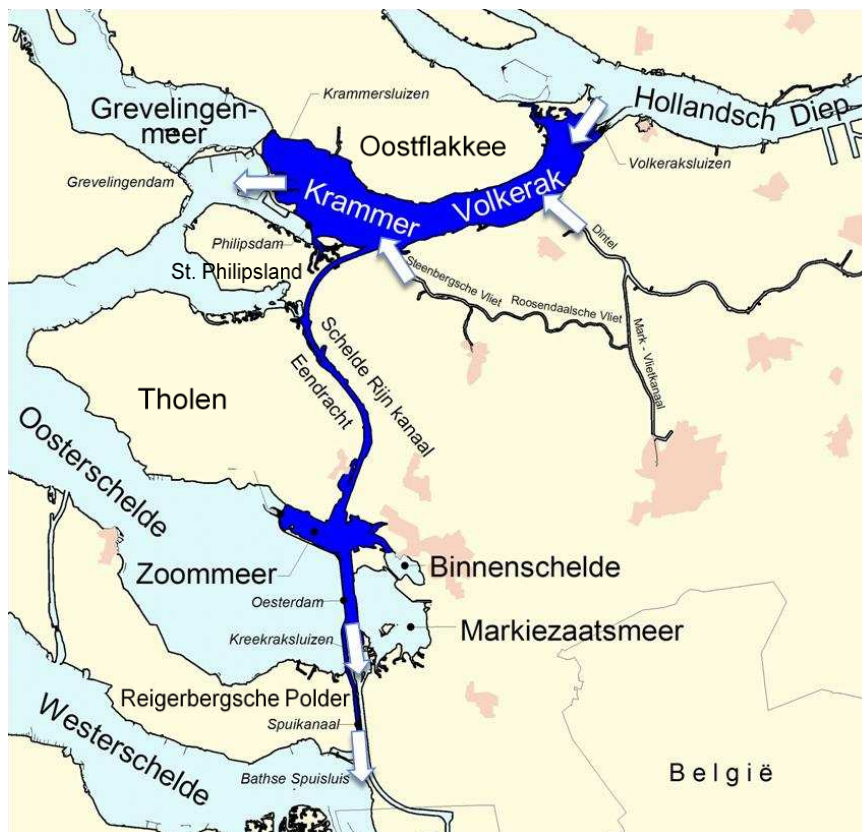
²⁰ Het is verder aan te bevelen om in MKBA's niet alleen te werken met de meest extreme scenario's. Het heeft meerwaarde om van tussenliggende scenario's (die met een grotere kans optreden) te bepalen welke strategie de voorkeur verdient en zo het kantelpunt voor een strategiekeuze te bepalen. Wanneer duidelijk is dat slechts in een klein deel van de gevallen een van de strategieën aantrekkelijk is, kan deze misschien onderbouwd afvallen. Zo niet, dan is er inzicht verkregen in de waarde van het kantelpunt. Dit kantelpunt kan dan worden gemonitord.

4 Reële opties en VONK Volkerak- en Krammersluizen

4.1 Inleiding

Korte introductie van de casus

Figuur 4.1 Het Volkerak-Zoommeer en aan- en afvoer van water



Bron: Stratelligence, 2012d, p. 11

Het Krammer en het Volkerak enerzijds en het Zoommeer anderzijds worden met elkaar verbonden door het Schelde-Rijnkanaal. Dit geheel wordt het Volkerak-Zoommeer genoemd en beslaat ruwweg ruim 8.000 hectare. Het Zoommeer is ontstaan door de aanleg van de Oosterdam (1986) en het Krammer/Volkerak door de Philipsdam (1987). Door de bouw van de Oosterscheldekering zou het getijverschil sterk afnemen. De aanleg van de Ooster- en Philipsdam verkleinden het Oosterscheldebekken en beperkten daarmee deze afname van het getijverschil in de Oosterschelde tot een acceptabel niveau.

De Volkerak-sluizen in het noorden van het Volkerakmeer zorgen voor een vaarweg tussen het Hollandsch Diep en het Volkerak. Deze vaarweg is een belangrijke schakel in de Schelde-

De Krammer-sluizen zijn gelegen in de Philipsdam aan de meest westelijke kant van het Volkerakmeer en verzorgen de scheepvaartverbinding tussen de Oosterschelde en het Volkerak-Zoommeer.

Door de beschikbaarheid van zoetwater is de landbouw in de omliggende regio's overgegaan op intensievere, meer zoetwaterafhankelijke teelten, zoals bollen, groenten en fruit. Ook is de grondwaterwinning verminderd. Momenteel is de landbouw op de St. Philipsland, Tholen en Reigersbergsche Polder voor 100% aangewezen op het zoetwater van het Volkerak-Zoommeer. Daarnaast maakt een deel van de landbouw in Oostflakkee en het westelijk deel van Noord-Brabant gebruik van het zoetwater van het Volkerak-Zoommeer. Ook andere zoetwatergebruikers, zoals industrie en drinkwaterbedrijven, verminderden hun grondwaterwinning en zijn gebruik gaan maken van het zoete water van het Volkerak-Zoommeer (zie Stuurgroep Zuidwestelijke Delta, 2009, p. 17 en 18).

[illegible]

Tot 1964 was de Grevelingen een zeearm met een getijverschil van 2,5 meter tussen eb en vloed. Zoutwater, afkomstig van de Noordzee, werd hier gemengd met zoetwater van de Rijn en Maas via het Volkerak.

In 1964 werd als onderdeel van de Deltawerken de Grevelingendam aangelegd. Hierdoor werd de Grevelingen afgesloten van zoetwateraanvoer via het Volkerak en van zoutwateraanvoer via de Oosterschelde. Er kwam alleen nog zoutwater via de zeemonding binnen, waardoor de zoet-zoutgradiënt verdween en er een open zeearm met getij ontstond. Dit veranderde in 1971: door de aanleg van de Brouwersdam werd de Grevelingen volledig afgesloten van de zee en ontstond een geïsoleerd zoutwatermeer zonder getij: het Grevelingenmeer. Om het meer zout te houden is in 1978 een spuisluis in de Brouwersdam aangelegd. Sindsdien wordt het Grevelingenmeer regelmatig doorgespoeld met vers Noordzeewater, niet alleen via de sluizen in de Brouwersdam maar inmiddels ook via de sluizen in de Grevelingendam. Met 11 duizend hectare oppervlaktewater is dit het grootste zoutwatermeer van Europa.

De vragen

In deze casus gaat het om twee concrete vervangingsopgaven vanwege het einde van de technische of functionele levensduur op korte termijn:

- a. De Volkeraksluizen zijn de grootste binnenvaartsluizen van Europa. Zonder maatregelen om de capaciteit uit te breiden neemt de wachttijd in de drukste maand spoedig misschien toe tot boven de door RWS gehanteerde norm van maximaal 30 minuten.
- b. Bij de Krammersluizen is de zoet-zoutscheiding technisch verouderd en zorgt ook voor lange wachttijden van schepen. Vervanging door een bellenscherm (door het genereren van zuurstof bellen kan zoet van zout water worden gescheiden) is veel goedkoper dan 1 op 1-vervanging en zorgt ook voor minder lange wachttijden.

Beide vervangingsopgaven hebben echter ook een relatie met strategische keuzes die niet direct onder verantwoordelijkheid van RWS vallen:

- De keuze of het Volkerak-Zoommeer zoet of zout moet worden.
- De keuze of getij in de Grevelingen moet worden geïntroduceerd.
- De keuze of ten behoeve van de waterveiligheid de Grevelingen ook als waterberging moet worden ingezet.

Afhankelijk van de keuzes die worden gemaakt, moeten nieuwe natte kunstwerken worden aangelegd en moeten huidige natte kunstwerken worden vervangen, of de functionaliteit fors worden aangepast.

De kortetermijnvervangingsopgaven bij de Volkerak- en Krammersluizen kunnen diverse synergie-effecten hebben met deze strategische keuzes en de bijbehorende investerings- en vervangingsopgave van natte kunstwerken. Dit is vooral relevant als het Volkerak-Zoommeer zout wordt, getij in de Grevelingen wordt geïntroduceerd en de Grevelingen ook als waterberging wordt ingezet. Als spoedig het Volkerak-Zoommeer zout wordt gemaakt, lijkt een nieuwe zoet-zoutscheiding bij de Krammersluizen een overbodige investering. Als wordt

besloten om de Grevelingen als waterberging te gaan gebruiken, moet de spuicapaciteit bij de Volkeraksluizen worden vergroot. De kosten hiervan variëren afhankelijk van de manier waarop de capaciteit bij de Volkeraksluizen wordt vergroot. Een keuze van capaciteitsuitbreiding bij de Volkeraksluizen via een semi-open verbinding is niet mogelijk bij een zout Volkerak-Zoommeer.

Bij deze strategische keuzes zijn ook vele operationele aanvullingen mogelijk, zoals wel of niet een getijcentrale realiseren in de Brouwersdam en bepaalde investeringen vervroegen dan wel uitstellen of faseren. Bij al deze keuzes kan in meerdere of mindere mate sprake zijn van synergie-effecten en meekoppelkansen met andere publieke en private investeringen, zoals voor regionale gebiedsontwikkeling.

Aanpak en heeft reële-optiewaardering meerwaarde?

Hoe moet uit deze zeer uitgebreide set van alternatieven worden gekozen? Hoe moet hierin rekening worden gehouden met de diverse soorten van onzekerheid, zoals ontwikkeling van economische groei en klimaatverandering? En als dit allemaal helder is: welke rol kan de reële-optiebenadering hierin spelen?

Om deze vragen te kunnen beantwoorden, moeten we eerst de hoofdlijnen van de MKBA van de hoofdalternatieven schetsen. Een reële-optiebenadering vormt immers een onderdeel van een welvaartsanalyse naar de voor- en nadelen van de verschillende alternatieven ten opzichte van elkaar. Een reële-optiebenadering betreft een 'gewogen gemiddelde' van alle welvaartseffecten over alle mogelijke toekomstige situaties. Ook kan pas worden beoordeeld of het zinnig is om bepaalde flexibiliteit in te bouwen in een projectalternatief (via fasering, aanleg/reservering extra capaciteit e.d.), indien er beter zicht is op de belangrijkste kosten en baten van de MKBA.

In onderstaande paragrafen wordt de reële-optiebenadering geïllustreerd op basis van een partiële analyse van de vervangingsopgaven bij de Volkeraksluizen en de Krammersluizen. In bijlage 2 wordt de samenhang met de drie strategische keuzes in het Grevelingen en Volkerak-Zoommeer in kaart gebracht en wordt voor elke van deze keuzes gekeken naar de meerwaarde van de reële-optiebenadering. Ook wordt gekeken in hoeverre de partiële analyse van de vervangingsopgaven bij de Volkeraksluizen en de Krammersluizen onvolledig is, omdat onvoldoende rekening wordt gehouden met de synergie-effecten met de drie strategische keuzes.

Zoals gezegd, ligt de nadruk in deze notitie op de toepassing van de reële-optiebenadering. Het is geen second opinion op de beschikbare MKBA's en onderzoeksnota's. Aanpak is telkens eerst een korte schets van het probleem en vervolgens op basis van op het moment van schrijven beschikbare informatie uit MKBA's en onderzoeksnota's een vergelijking van de kosten en baten van verschillende in deze nota's onderscheiden alternatieven. Als laatste en aparte stap wordt telkens gekeken wat de reële-optiebenadering zou kunnen toevoegen.

4.2 Capaciteitsuitbreiding Volkeraksluizen

Schets van het probleem

De sluizen aan het Volkerak-Zoommeer, waaronder de grootste binnenvaartsluis van Europa de Volkeraksluizen, zijn momenteel een knelpunt voor de scheepvaart tussen Antwerpen en Rotterdam. Met België is de afspraak gemaakt dat de gemiddelde wachttijd in de drukste maand maximaal 30 minuten mag zijn. Zonder maatregelen kan in de nabije toekomst mogelijk niet aan deze afspraak worden voldaan.

Figuur 4.3 De Volkeraksluizen vanuit de lucht en vanaf de kade gefotografeerd



In het overzichtsrapport van Stratelligence (2012e) over het Volkerak-Zoommeer wordt gebruikt gemaakt van een studie van Ecorys (2009) over de verwachte wachttijden bij de sluiscomplexen in het Volkerak-Zoommeer. Ecorys heeft voor de vier scenario's uit de WLO-studie van 2006 de ontwikkeling van de gemiddelde wachttijd berekend als de capaciteit van de sluiscomplexen niet wordt vergroot. Volgens deze Ecorys-studie (zie onderstaande tabel) zal zelfs bij het lage groeiscenario Regional Communities²¹ de wachttijd bij de Volkeraksluizen al in 2020 boven de 30 minuten uitgaan. In het hogegroeiscenario Global Economy²² zal in 2020 bij alle vier sluiscomplexen in het Volkerak-Zoommeer de wachttijd tot ruim boven de 30 minuten zijn gestegen; dit zal daarna verder oplopen en in 2040 tot volledige congestie leiden.

Tabel 4.1 Verwachte wachttijden bij sluiscomplex Volkerak-Zoommeer als capaciteit niet wordt uitgebreid volgens 2006-studie (in minuten)

	2020		2040	
	RC	GE	RC	GE
Volkeraksluizen	39	123	31	volledige congestie
Krammersluizen	62	109	59	volledige congestie

Uitleg: RC = Regional Communities; GE = Global Economy. Bron: Ecorys (2009); tevens tabel 1 in Stratelligence (2012e).

In het kader van de MIRT-verkenning zijn voor de Volkeraksluizen nieuwe berekeningen gemaakt door Witteveen & Bos (2012). Deze zijn in september 2012 gepubliceerd en konden daarom niet worden meegenomen in het overzichtsrapport van Stratelligence. Deze berekeningen laten ook knelpunten zien, maar geven een aanzienlijk minder dramatisch beeld²³ (zie onderstaande tabel 4.2):

- Bij een laaggroeiscenario (Regional Communities) daalt de gemiddelde wachttijd en blijft aanzienlijk onder de 30 minuten norm. In dit scenario daalt het vervoerde gewicht ten opzichte van 2006 met 4% in 2020 tot 11% in 2040. Tegelijkertijd wordt er - in alle scenario's - van uitgegaan dat de schaalvergroting naar het gebruik van grotere scheepsmaten doorzet. Het aantal schepen daalt dan sterker dan het vervoerde gewicht.
- Bij een hogegroeiscenario (Global Economy) blijft de gemiddelde wachttijd in 2020 net onder de 30 minuten norm, maar in 2040 zal die zijn opgelopen tot 94 minuten. *Dit kan zelfs bijna verdubbelen tot 173 minuten* als ook nog rekening wordt gehouden met het realiseren van de Seine-Scheldeverbinding tegen 2017: dit kan voor een extra toename van de scheepvaartintensiteiten en dus wachttijden leiden.

²¹ Dit scenario gaat uit van een gelijkblijvende bevolking, een daling van de werkgelegenheid met 0,5% per jaar en een arbeidsproductiviteitsgroei van 1,2%. Per saldo resulteert een jaarlijkse bbp-volume-groei van 0,7%.

²² In dit scenario stijgt de bevolking met 0,5% per jaar, stijgt de werkgelegenheid met 0,4% per jaar en neemt de arbeidsproductiviteit met 2,1% toe. Per saldo resulteert een jaarlijkse bbp-volume-groei van 2,6%.

²³ In Witteveen & Bos (2012, p. 35) worden diverse mogelijke verklaringen gegeven voor deze verschillen, zoals tot 2007 zijn de wachttijden opgelopen door onderhoudswerkzaamheden op het sluiscomplex, na 2007 is de scheepvaartintensiteit afgenomen door de economische crisis en schaalvergroting, het eerder gebruikte rekenmodel (Kooman) is niet geschikt voor het berekenen van wacht- en passagietijden van een sluiscomplex met meerdere kolken, en de registratie van wachttijden is niet nauwkeurig.

Tabel 4.2 Wachttijd bij Volkeraksluizen als capaciteit niet wordt uitgebreid volgens 2012-studie (in minuten)

	2007	2020	2040
	22		
RC		16	14
GE		28	94

RC = Regional Communities; GE = Global Economy. Bron: Witteveen & Bos (2012).

Vergelijking van alternatieven zonder reële-optiebenadering

In de MIRT-verkenning capaciteitsuitbreiding Volkeraksluizen (Witteveen & Bos, 2012) worden vier verschillende alternatieven vergeleken:

- A0. Versnelling schutproces op korte termijn door gebruik van derde schuif. Het vullen of legen van de sluiskolk ('nivelleren') gebeurt momenteel met twee schuiven in de deuren van de schutkolken. In deze deuren bevindt zich een derde schuif die in gebruik kan worden genomen. Hierdoor kan de nivelleertijd met ongeveer twee minuten worden teruggebracht en dus ook de wachttijd worden verminderd.
- A1. Aanpassen bestaande infrastructuur: 50% verbreding van de derde kolk naar 37 meter.²⁴
- A2. Realisatie vierde kolk met een lengte van 270 meter en een breedte van 25 meter.²⁵
- A3. Semi-open verbinding door op het Volkeraksluizencomplex een keersluis van 150 meter breedte aan te leggen. Het percentage van de tijd dat de semi-open verbinding geopend kan zijn is afhankelijk van het maximum waterpeil op het Volkerak-Zoommeer. Indien het peil op het Hollandsch Diep hoger dreigt te komen dan dit maximum peil, wordt de keersluis gesloten en moeten de schepen via de huidige kolken het complex passeren.

Tabel 4.3 Wachtijden bij vier alternatieven voor uitbreiding capaciteit Volkeraksluizen

	Referentiep pad	A.0 Versnelling schutproces	A.1 Verbreding 3e kolk	A.2 4e kolk van 25m	A.3 Semi-open verbinding
2020: RC	16	15	16	12	1
2020: GE	28	23	26	15	1
2040: RC	14	13	14	10	1
2040: GE	94	67	70	25	5

Bovenstaande tabel laat zien dat bij het hoge groeiscenario versnelling van het schutproces of verbreding van de 3e kolk niet voldoende zijn om de wachttijd in 2040 beneden de 30 minuten te houden. Alleen de aanleg van een 4e kolk of een semi-open verbinding voldoen aan deze eis. Bij het lage groeiscenario is de wachttijd in het referentiep pad nog

²⁴ Een ander subvariant die is bekeken is het verlengen van de derde kolk van 332 naar 410 meter. Deze heeft duidelijk minder gunstige baten, maar scoort een stuk beter in termen van kosten. Bij verlenging kan de gehele bestaande kolk gehandhaafd blijven en wordt een gedeelte toegevoegd. Bij verbreding wordt de bestaande kolk opengedoken en wordt gedeeltelijk een nieuwe kolk gerealiseerd.

²⁵ Ook hier zijn meerdere subvarianten bekeken. Die gaan uit van een bredere vierde kolk tot 37 meter. Deze varianten hadden een vergelijkbare kosten-batenverhouding als de weergegeven vierde kolk van 25 meter.

onder de 30 minuten norm en zijn dus geen aanvullende maatregelen nodig om aan deze norm te voldoen.

Deze varianten zijn in de MIRT-verkenning vergeleken op basis van kosten en baten. De baten in termen van wachttijdwinst zijn gemonetariseerd. Daarnaast is gekeken naar diverse andere aspecten, zoals reisbetrouwbaarheid en effecten op natuur, veiligheid en omgeving. Onderstaande tabel geeft een samenvatting van de belangrijkste verschillen tussen de varianten. De bovengenoemde effecten voor de vier alternatieven zijn ten opzichte van eenzelfde referentiealternatief (niets doen). Alle alternatieven worden verondersteld aangelegd te zijn in 2015.

In Stratelligence (2012e, p. 6) is ook gekeken naar de investeringskosten als de Grevelingen wordt ingezet als waterberging. Bij aanleg van de vierde kolk gaat het om 24 mln euro, bij de semi-open verbinding om een vergelijkbaar bedrag en bij de verbreding van de bestaande beroepskolken om 118 miljoen euro. Over de kosten bij alleen versnelling van het schutproces wordt niets vermeld.

Tabel 4.4 Kosten en baten van vier alternatieven om capaciteit van de Volkeraksluizen uit te breiden

	A.0 Versnelling schutproces	A.1. Verbreding 3e kolk	A.2 4e kolk van 25 m	A.3 Semi-open verbinding
Kosten	3	89	110	366
Baten				
Wachttijdwinst				
RC	9	-5	13	94
GE	94	43	217	411
Reisbetrouwbaarheid	+	0	++	+
Omgevingseffecten	0	0	0	--
Extra kosten (-) als Grevelingen waterberging	(?)	- 118	-24	- 24 (?)
MKBA-saldo, alleen op basis van wachttijdwinst				
RC	6	-94	-97	-272
GE	91	-46	107	45
50% RC, 50%	49	-70	5	-114

RC = Regional communities; GE = Global Economy. Bron: Witteveen & Bos (2012, p. 94) en Stratelligence (2012e, p. 6).

Welke conclusies kunnen worden getrokken op basis van deze overzichtstabel?

- Versnelling van het schutproces is zelfs bij een laaggroei scenario (=RC) een goede investering. Deze investering is overigens niet nodig om te voldoen aan de 30 minuten norm maar toch economisch rendabel.
- Verbreding van de derde kolk in 2015 is onder geen enkel scenario rendabel. Daarnaast heeft het een mogelijk extra kostennadeel als de Grevelingen als waterberging zal worden ingezet.
- De aanleg van een vierde kolk in 2015 is alleen bij een hooggroei scenario (= GE) rendabel. Het rendement in miljoenen euro's is dan hoger dan versnelling van het

schutsproces. Bij (alleen!) versnelling van het schutsproces wordt in het GE-scenario in 2040 niet aan de 30 minuten norm voldaan.

- Een semi-open verbinding leidt bij een hooggroeiscenario tot de hoogste winst in termen van wachttijd. Deze variant scoort echter niet goed door de hoge kosten (mede doordat bij aanleg van een keersluis ook het gehele snelwegviaduct dient te worden vervangen), negatieve omgevingseffecten en mindere reisbetrouwbaarheid.

Op basis van deze vergelijking zijn afhankelijk van het economische groeiscenario de versnelling van het schutproces, dan wel de aanleg van de vierde kolk, de voorkeursalternatieven.

Onduidelijk is hoe tussen beide alternatieven moet worden gekozen en in hoeverre uitstel, dan wel combinatie van beide alternatieven, aantrekkelijk kan zijn. Dit kan nader worden onderzocht met de reële-optie benadering.

De reële-optiewaarde bij direct beslissen

Eerst veronderstellen we dat direct moet worden gekozen voor maximaal een van de vier alternatieven. Daarna kijken we naar de optiewaarde van uitstel van besluitvorming en het combineren van alternatieven.

Door toevoeging van een veronderstelling over de kansverdeling van de scenario's kunnen de alternatieven ook worden vergeleken in termen van de contante waarde van het MKBA-saldo.

Stel dat beide groeiscenario's even waarschijnlijk zijn. Wat zou dan nu de beste investeringsbeslissing zijn: direct versnelling van het schutproces of direct aanleg van de vierde kolk? Versnelling van het schutproces heeft dan een positieve verwachte waarde van 49 miljoen en de aanleg van de vierde kolk met 5 miljoen. Beide andere alternatieven scoren zeer negatief (-70 miljoen en -114 miljoen euro). Op basis van deze fifty-fiftyveronderstelling over de groeiscenario's verdient versnelling van het schutproces duidelijk de voorkeur boven aanleg van de vierde kolk. De fifty-fiftyveronderstelling is redelijk als beide groeiscenario's nog actueel en even waarschijnlijk zijn en het zeer onwaarschijnlijk is dat het toekomstige scheepvaartverkeer zich buiten de bandbreedte van beide scenario's zal bewegen.

Monitoring van het scheepvaartverkeer kan uitwijzen in hoeverre de groeiscenario's nog steeds actueel zijn, of dat een of beide groeiscenario's veel minder waarschijnlijk zijn geworden. In het laatste geval zou de fifty-fiftyveronderstelling over beide groeiscenario's moeten worden vervangen door alternatieve en meer realistische veronderstellingen over de groei van het toekomstige scheepvaartverkeer.

In plaats van direct een expliciete veronderstelling te maken over de verwachte kansverdeling, kan ook de break-evenkans worden berekend. Deze geeft aan bij welke kansverdeling het ene alternatief de voorkeur heeft en bij welke de andere.

De verwachte netto baten van versnelling van het schutproces zijn:

$$-3 + p \times \text{Baten A0 bij RC} + (1-p) \times \text{Baten A0 bij GE} = -3 + p \times 9 + (1-p) \times 94.$$

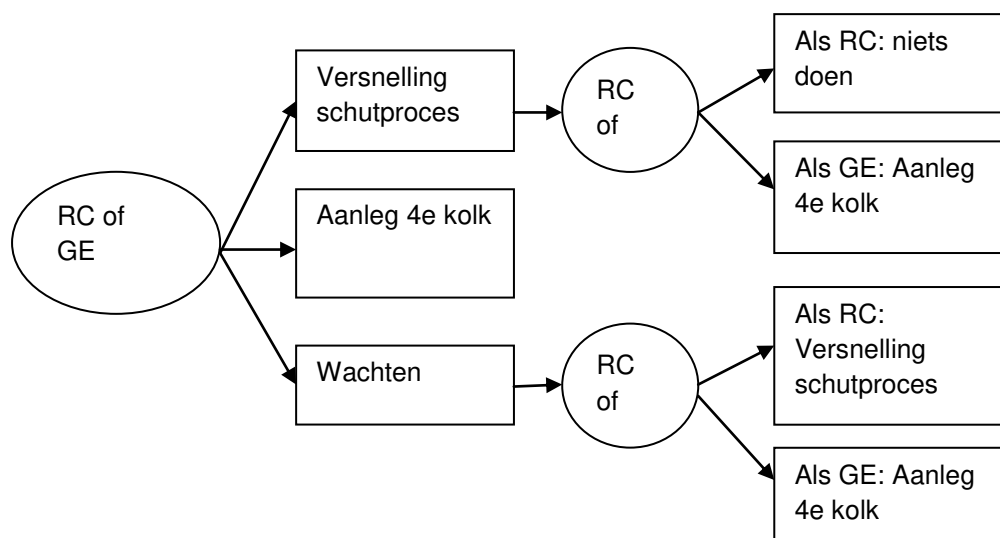
De verwachte netto baten van aanleg van de vierde kolk zijn $-110 + p \times \text{Baten A2 bij RC} + (1-p) \times \text{Baten A2 bij GE} = -110 + p \times 13 + (1-p) \times 217$.

De break-evenkans is $p = 0,13$. Dus alleen als de kans op GE (= een hoge groei) zeer groot is en rond de 87% of meer is, is directe aanleg van de vierde kolk te verkiezen boven versnelling van het schutproces.

De reële-optiewaarde van uitstel en combinatie van alternatieven

In bovenstaande analyse is er van uitgegaan dat direct moet worden gekozen voor (maximaal) een van de vier alternatieven. De analyse betreft het zo goed als mogelijk waarden van deze vier alternatieven.

Figuur 4.4 Beslissingschema capaciteitsuitbreiding Volkeraksluizen (RC = Regional Communities, GE = Global Economy; alleen versnelling schutproces en aanleg 4e kolk), inclusief opties later beslissen.



Indien we ons tot deze aanpak zouden beperken, dan leidt dit mogelijk tot zeer foutieve beleidsadviezen. Op basis van bovengenoemde resultaten zijn de volgende opties (extra flexibiliteit) evident aanwezig:

- Ten eerste suggereren de lage kosten en de hoge baten van (A.0) het versnellen van het schutproces dat dit feitelijk een *no-regret*-optie is. Deze zou je dus als eerste kunnen uitvoeren, waarna in aanvulling hierop nog eventueel een van de andere drie alternatieven kan worden uitgevoerd²⁶.
- Ten tweede zijn de baten van de alternatieven sterk afhankelijk van de toekomstige vervoersgroei. Deze groei is niet iets wat plots plaats zal vinden, maar iets dat geleidelijk

²⁶ Dit komt er dan op neer dat het versnellen van het schutproces wordt opgenomen in het nulalternatief.

op zal treden. De logische extra optie die hieruit voortkomt, is het jaarlijks monitoren van deze vervoersgroei en pas tot (substantiële) investeringen over te gaan als wachttijden een bepaalde grenswaarde overstijgen.

Beide bovengenoemde opties zou je kunnen samenvatten met 'het uitstellen van de besluitvorming'. Dit heeft het voordeel dat kosten worden uitgesteld en dat duidelijker wordt welk scenario realiteit wordt. Dit wordt geïllustreerd in bovenstaand schema: wat is de waarde van eerst aanleggen van de goedkoopste optie (A.0 versnellen schutsproces) en pas later misschien overgaan op fysieke uitbreiding van het schutssluisencomplex? En wat is de waarde van wachten, en daarna pas een keuze maken?

Tabel 4.5 De optiewaarde van uitstel van de besluitvorming over capaciteitsuitbreiding Volkeraksluizen

	A0 Direct	A2 Direct	A2 5 jaar	A2 10 jaar
Kosten (negatief)	-3	-110	-83	-58
Baten RC	9	13	12	10
Baten GE	94	217	206	175
MKBA-saldo RC	6	-97	-71	-48
MKBA-saldo GE	91	107	124	117
MKBA-saldo 50% RC, 50% GE	49	5	27	35
MKBA-saldo na aanleg A0 bij RC		-106	-79	-54
MKBA-saldo na aanleg A0 bij GE		13	30	23
MKBA-saldo na aanleg A0 bij 50% RC, 50% GE		-47	-25	-17
MKBA-saldo na aanleg A0 bij 50% RC, 50% GE, A2 alleen aanleggen als GE relevant blijkt			15	12

Om deze ideeën te concretiseren, worden de alternatieven A.0 (versnellen schutproces) en A.2 (vierde kolk) in samenhang uitgewerkt en wordt ook uitstel meegenomen. In bovenstaande tabel worden de baten van het aanleggen van A.2 (aanleg vierde kolk) gepresenteerd bij direct aanleggen, uitstel met vijf jaar en uitstel met tien jaar.²⁷ Ook wordt A.2 (aanleg vierde kolk) als een aanvulling op het eerst aanleggen van alternatief A.0 gepresenteerd.²⁸ A.0 wordt hierbij direct aangelegd en vervolgens wordt na vijf of tien jaar uitstel de vierde kolk aangelegd; in de laatste variant wordt verondersteld dat na vijf of tien jaar uitstel duidelijk is welk groeiscenario relevant is en wordt alleen tot aanleg van een vierde kolk besloten als het hoge groeiscenario zich blijkt voor te doen.

Uit bovenstaande tabel kan worden opgemaakt dat het direct aanleggen van de vierde kolk (A.2) na realisatie van A.0 (versnellen schutsproces) bij het RC-scenario zeer welvaartsverlagend is. De wachttijden zijn dermate gering dat de kosten van deze variant bij lange na niet worden terugverdiend. Het MKBA-saldo is dan ook -106 mln euro. Bij het GE-

²⁷ Aanleg na vijf jaar reduceert de kosten met ongeveer een kwart in contante waarde. Bij aanleg na tien jaar besparen we ongeveer de helft in contante waarde. Bij de baten veronderstellen we ook een daling, maar in veel mindere mate dan de kosten, aangezien de kosten veel meer dan de baten geconcentreerd zullen zijn in de eerste jaren. Bij aanleg na vijf jaar veronderstellen we een daling van de baten met 5% en bij aanleg na tien jaar met 15%.

²⁸ We veronderstellen dat de baten van A.2 dan kunnen worden bepaald door de oorspronkelijke baten van A.2 te verminderen met de baten die al door alternatief A.0 worden gerealiseerd. Voorbeeld: de baten van A.2 zijn zonder A.0 in het GE scenario 217 mln euro. De baten van A.0 zijn in dit scenario 94 mln euro. De baten van het aanleggen van A.2 na eerst A.0 aan leggen zijn dan dus $217 - 94 = 123$ mln euro in het GE-scenario. We vermoeden dan hiermee een zeer goede benadering te verkrijgen van de baten van A.2 na aanleg van alternatief A.0.

scenario levert het direct aanleggen van de vierde kolk nog wel een positieve contante MKBA-saldo op: +13 mln euro.

Uit deze resultaten kan worden afgeleid dat het verstandig is om de vierde kolk (A.2) niet direct aan te leggen, maar te wachten totdat de vervoergroei (of beter: de wachttijden) zodanig oplopen dat het moment daar is om de vierde kolk aan te leggen.

Deze conclusie volgt ook uit de MKBA-saldi van het uitstellen van de vierde kolk (A.2) met vijf of tien jaar. Uitstellen verbetert het MKBA-saldo, maar bij het GE-scenario is uitstel met tien jaar minder gunstig dan met vijf jaar. Dit laatste geldt ook als eerst het schutproces wordt versneld en vervolgens na vijf of tien jaar in het GE-scenario wordt gekozen voor de aanleg van de vierde kolk.

De minister heeft recentelijk besloten om op korte termijn het schutproces te versnellen. Op basis van bovenstaande analyse blijkt dit dus in alle gevallen een welvaartsverhogend besluit.

Bovenstaande analyse over de optimale timing van investeren in de 4e kolk komt eigenlijk neer op het toepassen van het first year rate of return (zie OEI-leidraad, bijlage C)²⁹: door het vergelijken van de netto contante waarde van een project met die van hetzelfde project met een (of meer) jaar vertraging kan het optimale moment van investeren worden bepaald.

Overigens is deze analyse in een aantal opzichten nog te simplistisch, bijvoorbeeld:

- Na vijf of tien jaar is vaak nog niet precies duidelijk welk economisch scenario van toepassing is; wel zal veel meer bekend zijn in hoeverre de wachttijden zijn opgelopen en wat relevante andere economische ontwikkelingen zijn, bijv. over positie van de haven van Rotterdam en de relatieve aantrekkelijkheid van verschillende vervoersvormen (over water, per spoor, over de weg of door de lucht).
- Geen rekening wordt gehouden met negatieve uitstraling van uitstel of onduidelijkheid van besluitvorming op andere investeringen. Lange wachttijden in de Volkeraksluizen kan de concurrentiepositie van de Rotterdamse haven aantasten en betekenen dat bedrijven in hun korte- of langetermijnstrategie gaan kiezen voor ander vervoersroutes (bijvoorbeeld via Antwerpen of over de weg). Dergelijke strategische overwegingen kunnen uitstel van aanleg van de vierde kolk minder aantrekkelijk maken.

²⁹ De reële-optiebenadering gaat over alle vormen van flexibiliteit en dus niet alleen over de optiewaarde van een andere timing. De reële-optiebenadering is dus ruimer dan het toepassen van het principe van first year rate of return. Ook wordt in de reële-optiebenadering het belang van nieuwe informatie door het verstrijken van de tijd en extra eigen onderzoek of monitoring benadrukt. Dit aspect blijft meestal achterwege bij first year rate of return berekeningen.

4.3 Vervanging zoet-zoutscheiding Krammersluizen

Schets van de situatie

Om te voorkomen dat tijdens het schutten grote hoeveelheden zout water uit de Oosterschelde in het zoete Volkerak-Zoommeer stroomt of andersom, zijn de Krammersluizen uitgerust met een speciaal scheidingssysteem. Als dit scheidingssysteem er niet zou zijn, dan komt er bij elke schutting vele kilo's zout in het zoete water terecht.

Het grote verschil met andere sluizen is dat schepen er langer over doen om de sluizen te passeren. Bij de meeste sluizen duurt het schutten ongeveer vier minuten. De Krammersluizen doen er 23 minuten extra over om - naast het nivelleren van het water - het zoete en zoute water van elkaar te scheiden. Ondertussen dienen wachtende schippers af te meren in de voorhavens.

Figuur 4.5 De Krammersluizen



Schets van het probleem

Bij de Krammersluizen is sprake van een combinatie van einde technische en functionele levensduur. Voor 2015 moet groot onderhoud worden gepleegd aan de zoet-zoutscheiding. Dit betekent dat ook als het Volkerak-Zoommeer zout wordt, de zoet-zoutscheiding opgeknapt dient te worden. Dit hangt samen met de politieke belofte dat eerst alternatieve zoetwatervoorziening moet worden geregeld en dat daarna pas het Volkerak-Zoommeer zout kan worden. Een voldoende alternatieve zoetwatervoorziening kan pas op zijn vroegst in 2020 worden gerealiseerd.

Behalve het technische onderhoudsprobleem is ook sprake van te lange wachttijden. De gemiddelde wachttijd in 2007 was 45 minuten. Als de zoet-zoutscheiding zou komen te vervallen levert dit per passage direct een tijdswinst op van 11,5 minuut. Daarnaast zal de wachttijd aanzienlijk teruglopen, omdat er in plaats van twee schuttingen per uur³⁰, dan

³⁰ Bij een schuttijd van 23 minuten zijn er dus 2,2 (=60/27) schuttingen per uur mogelijk. Bij een schuttijd van 4 minuten, zoals bij de meeste sluizen, zijn er 15 (60/4) schuttingen per uur mogelijk.

vijftien schuttingen per uur mogelijk zijn. Vergroten van de schutcapaciteit of fysieke capaciteitsuitbreiding kunnen ook tot vermindering van de wachttijden en dus tot tijdswinst leiden.

Vergelijking van de alternatieven zonder reële-optiebenadering

Er zijn twee logische oplossingen voor de zoet-zoutscheiding. Deze kan worden vervangen (ook wel de variant 'groot onderhoud' worden genoemd). Daarnaast kan er een bellenscherm worden geïnstalleerd ('de innovatieve variant'). Door middel van luchtbellen worden zo het zoute van het zoete water gescheiden. Bijkomend voordeel is dat schepen geen hinder ondervinden en zonder vertraging kunnen doorvaren. Complicatie bij het bellenscherm is dat nog niet zeker is of het bellenscherm op deze grote schaal effectief en afdoende is voor de zoet-zoutscheiding. Hierover wordt nog nader onderzoek gedaan.

In het overzichtsrapport van Stratelligence (2012e, tabel 3) worden de kosten van 1 op 1 vervangen vergeleken met de aanleg van een bellenscherm. Dit laatste alternatief is aanzienlijk goedkoper (zie onderstaande tabel 4.6): 20 mln euro in plaats van bijna 80 miljoen euro voor het vervangen van de huidige zoet-zoutscheiding. Dat betekent dus een besparing van 60 miljoen euro.

Tabel 4.6 Vervanging zoet-zoutscheiding in de Krammersluizen (mln euro; TM-scenario)

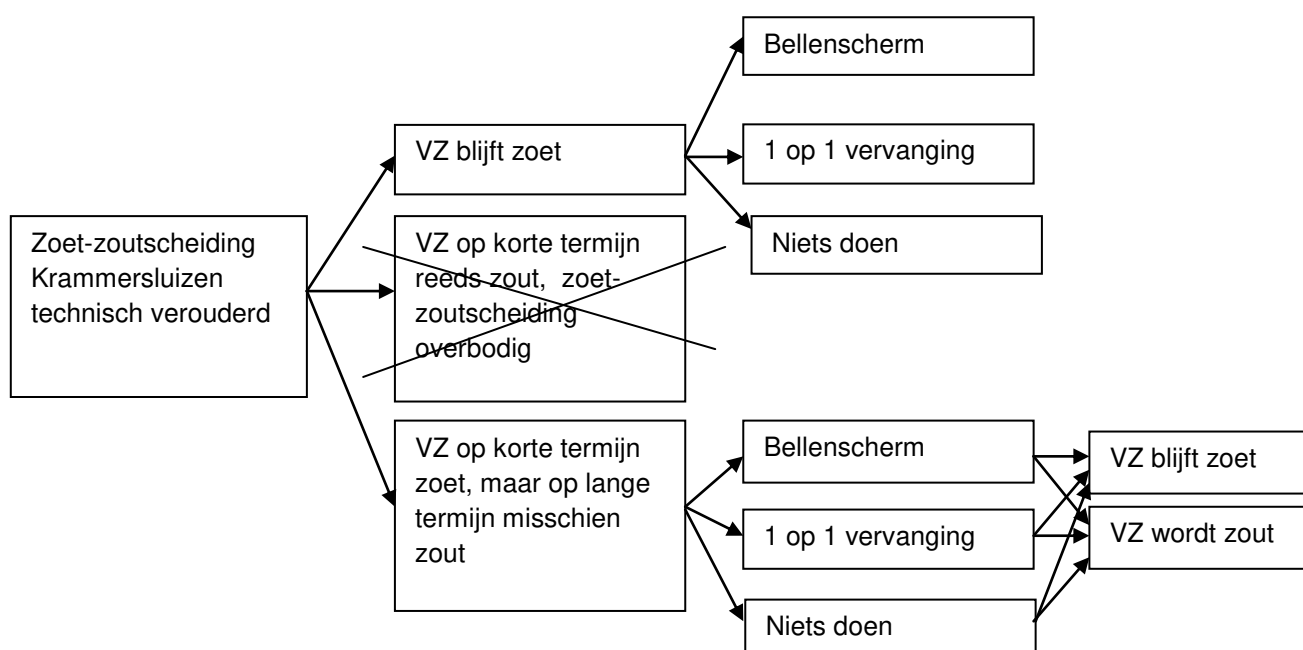
	Jaarlijks	Contante waarde
Groot onderhoud zoet-zoutscheiding (= 1 op 1-vervanging)		
Investing van 11 miljoen tot 2015		11,0
Investing van 18,5 miljoen in periode 2024-2032		9,3
Onderhoud	3,3	59,4
Reistijdskosten scheepvaart		0
Totaal		79,7
'Bellenscherm		
Investing bellenscherm		15
Groot onderhoud tot 2015		8
Groot onderhoud periode 2024-2032		6,8
Regulier onderhoud	0,1	1,8
Energiegebruik	0,1	1,8
Reistijdskosten beroepscheepvaart (minus dus een baat!)	-0,9	-16,4
Ontmanteling huidige zoet-zoutscheiding		2,2
Totaal		19,2
P.M. Baten van nieuwe kennis bij andere projecten		
TM= = Transatlantic Market. Bron: Stratelligence (2012e, tabel 3).		

Een belangrijk voordeel van de aanleg van een bellenscherm is de forse verlaging van de wachttijden, die resulteert in een substantiële reistijdbaait voor de beroepsscheepvaart. In de berekeningen is uitgegaan van 16 miljoen euro op basis van het TM-scenario en cijfers uit 2007. De fors bijgestelde ramingen van verwachte wachttijden bij de Volkeraksluizen op basis van meer actuele cijfers en een beter model (zie paragraaf 4.2) suggereert dat ook hier een aanzienlijke neerwaartse bijstelling realistisch is. Maar zelfs dan zou de conclusie dezelfde blijven: de innovatieve variant is aanzienlijk goedkoper dan 1 op 1-vervanging van

de huidige zoet-zoutscheiding. Onzeker is echter in hoeverre de innovatieve variant ook daadwerkelijk technisch haalbaar en effectief is.

De schutcapaciteit kan ook worden vergroot door uitbreiding van de derde kolk. Dit kost 200 miljoen euro aan investeringen en daarnaast 1 miljoen aan jaarlijkse kosten van onderhoud. Dit zijn forse kosten die waarschijnlijk niet opwegen tegen de reistijdbaten. Hoe groot die precies zijn, lijkt nog niet nader te zijn onderzocht. Deze reistijdbaten worden ook nog aanzienlijk kleiner als eerst het bellenscherm wordt aangelegd en de oude zoet-zoutscheiding wordt ontmanteld, omdat dit ook de wachttijd verkort.

Figuur 4.6 Vervangingsopgave zoet-zoutscheiding in Krammersluizen (VZ = Volkerak-Zoommeer)



Conclusie op basis van deze informatie (zie bovenstaand figuur) is dat als het Volkerak-Zoommeer zoet blijft, direct investeren in het bellenscherm de beste oplossing is; voorwaarde is hierbij wel dat deze variant technisch haalbaar moet zijn. Als het Volkerak-Zoommeer op korte termijn zout wordt, dan is een dergelijke zoet-zoutscheiding overbodig. Gelet op de duur van het besluitvormingsproces en investeringstermijnen is echter het niet meer mogelijk op korte termijn het Volkerak-Zoommeer zout te maken.

Het kan zijn dat het technische onderzoek naar het bellenscherm op korte termijn geen uitsluitsel biedt over in hoeverre dit een afdoende oplossing oplevert. Het grote kostenverschil tussen het bellenscherm en de 1 op 1-vervanging suggereert dat dan onderzoek naar verbetering van de methode van het bellenscherm of aanvulling met andere methode een zeer rendabele investering zou kunnen zijn.

Reële-optiebenadering

De reële-optiebenadering kan aan deze analyse twee elementen³¹ toevoegen:

- het benadrukken van het belang van extra kennis (de optiewaarde van extra kennis);
- extra opties.

Tabel 4.7 Reële opties bij de Krammersluizen

	1 op 1-vervanging	Bellen- scherm	Eerst bellenscherm, dan toch 1 op 1-vervanging als VZ blijft zoet	Niets doen = zoutschade accepteren
Vaste kosten (negatief)	-80	-20	-20	
Extra kosten of baten afhankelijk van politieke besluitvorming				
VZ blijft zoet			-40	--
VZ over 10 jaar zout				-
MKBA saldo VZ blijft zoet	-80	-20	-60	--
MKBA saldo VZ over 10 jaar zout	-80	-20	-20	-
MKBA saldo 50%/50%	-80	-20	-40	-
MKBA saldo 80%/20%	-80	-20	-52	--
MKBA saldo 20%/80%	-80	-20	-28	-

Vanuit de reële-optiebenadering is investeren in extra kennis over zoet-zoutscheiding belangrijk: door experimenteren wordt nieuwe kennis opgedaan die niet alleen voordelen oplevert bij de vervangingsopgave Krammersluizen, maar ook bij andere projecten. Zoet-zoutscheidingen zijn op diverse plekken in Nederland van belang. Zoals dit project laat zien kan een bellenscherm tot aanzienlijke besparingen leiden. Deze zijn zelfs zo groot dat in soortgelijke gevallen misschien niet hoeft te worden gewacht tot het einde van de technische levensduur van de huidige zoet-zoutscheiding: eerdere vervanging door een bellenscherm kan tot nog betere resultaten leiden. Een bellenscherm zou mogelijk ook een zeer goedkope oplossing kunnen zijn voor het beperken van de zoutschade bij de Nieuwe Waterweg bij droogte door zoutindringing. Onderzoek en hiermee verder experimenteren lijkt daarom een zeer verstandige investering.

Als het bellenscherm werkt, dan is dit een goedkope en effectieve manier om het probleem van de zoet-zoutscheiding bij de Krammersluizen op te lossen. Als het onduidelijk is in hoeverre dit effectief is, wordt het verstandig naar andere opties te kijken. Enkele zeer gestileerde voorbeelden kunnen het economische belang van dergelijke opties illustreren.

Stel dat in eerste instantie wordt gekozen voor het bellenscherm, waarvoor dan onduidelijk is in hoeverre het voldoende effectief is. Stel voorts dat als dit echt niet blijkt te werken en niet goed te verbeteren is, alsnog na 10 jaar wordt besloten tot de dure 1 op 1-vervanging. Dit laatste heeft echter alleen zin als ook wordt besloten dat het Volkerak-Zoommeer zoet blijft. Stel dat hierover ook over 10 jaar een besluit wordt genomen. Rekening houdend met

³¹ Als het nog wel mogelijk was om het Volkerak-Zoommeer op korte termijn zout te maken, dan zou investeren in een bellenscherm kunnen worden gezien als een optie tot uitstel van de beslissing, of het Volkerak-Zoommeer zout moet worden. De kosten van deze optie zijn minder dan 20 miljoen als het bellenscherm voldoende effectief is (hoeveel precies hangt af van de timing van de besluitvorming omdat een bellenscherm investeringen vereisen zowel voor het jaar 2015 als na het jaar 2024). Wat de baten van een dergelijk uitstel zijn, wordt onderzocht in bijlage 2.3.

een discontovoet van 5,5% betekent uitstel van 1 op 1-vervanging dat de netto kosten hiervan ruwweg halveren. Als over 10 jaar wordt besloten dat het Volkerak-Zoommeer zoet blijft, dan zijn de netto kosten van dit alternatief 60 miljoen euro. Dat is een stuk meer dan het bellenschermbelasting, maar ook duidelijk minder dan direct 1 op 1-vervanging. Als over 10 jaar wordt besloten dat het Volkerak-Zoommeer zout wordt, dan blijven de netto kosten gelijk aan die van het bellenschermbelasting, dus 20 miljoen euro. Afhankelijk van de kans op beide beslissingen kan ook de verwachte waarde voor beide politieke scenario's worden berekend. Bij een fifty-fiftykansverdeling is de verwachte waarde 40 miljoen euro.

Zoet-zoutscheiding is van belang om zoutschade bij vooral de landbouw te voorkomen. Een logische extra optie kan dan zijn deze schade te accepteren, bijvoorbeeld door de landbouw te compenseren voor deze schade. Als het Volkerak-Zoommeer op relatief korte termijn zout wordt gemaakt, zal deze schade beperkt kunnen blijven. Deze optie wordt een stuk minder aantrekkelijk als het Volkerak-Zoommeer voor lange tijd zoet blijft.

Deze gestileerde voorbeelden illustreren dat zelfs als het onduidelijk is of een bellenschermbelasting voldoende effectief zal zijn, direct 1 op 1-vervanging waarschijnlijk niet de beste investeringsbeslissing is. Aantrekkelijker lijken dan uitstel van het besluit van 1 op 1-vervanging, nader onderzoek naar het verbeteren van de mogelijkheden van een bellenschermbelasting (of andere goedkope manieren van zoet-zoutscheiding) en tijdelijke acceptatie en vergoeding van zoutschade.

5 Suggesties vervolg reële opties en natte infrastructuur

Dit onderzoek geeft aan dat de reële-optiebenadering voor investeringen in natte infrastructuur praktisch toepasbaar is en een belangrijk hulpmiddel kan zijn om het belang van flexibiliteit beter mee te wegen bij investeringsbeslissingen.

Hiervoor zijn echter nog wel diverse vervolgstappen nodig. Hierbij kan worden gedacht aan:

- Een stappenplan voor besluitvorming over vervangingsopgave natte kunstwerken:
 - Einde technische of functionele levensduur nabij? zo ja dan vier vragen:
 - Kan de levensduur goedkoop worden verlengd?
 - Kan door het aanpassen van de functionaliteit substantieel extra maatschappelijke baten worden gecreëerd?
 - Is er sprake van samenhang met andere natte kunstwerken?
 - Is er sprake van samenhang met andere investeringen?Als vier maal nee, dan 1 op 1 vervangen, anders een uitgebreide analyse van investeringsanalyse inclusief reële-optiebenadering.
 - Geen einde technische of functionele levensduur nabij, maar wel eventueel grote netwerk- of synergie-effecten met andere investeringen? Zo ja, dan uitgebreide investeringsanalyse inclusief reële-optiebenadering.
- Actieve monitoring van technische en functionele staat van dijken en natte kunstwerken. Volgens aannemer RoyalHaskoningDHV is dit nog een groot probleem bij bruggen: “In slechts 30 procent van de gevallen is er een bestek, ontwerpberekening of (wapenings)tekening aanwezig en is er onvoldoende inzicht in de onderhoudsstaat.”
- Stel kennis- en experimenteerplan op voor meer kennis over natte kunstwerken. Dit kan bijvoorbeeld gaan over innovatieve manieren van levensduurverlenging van bruggen door staalconstructie aan te passen of door technieken als extra wapening van beton, verzaagd staal en moderne coatings toe te passen. Het kan ook gaan om het vergroten van de kennis over oplossingen voor specifieke problemen, zoals zoet-zoutscheiding of bevorderen vismigratie.
- Onderzoek naar de opties voor flexibiliteit per type nat kunstwerk. Maak een overzicht van de opties voor flexibiliteit per type nat kunstwerk en onderzoek deze verder. Welke vormen van flexibiliteit waren hierbij succesvol en welke achteraf gezien niet? Wat kan hieruit geleerd worden voor de toekomst?
- Onderzoek naar de opties voor flexibiliteit op regionaal en landelijk netwerkniveau, bijvoorbeeld wat zijn de korte- en langetermijnopties voor het vergroten van de flexibiliteit van het hoofdvaarwegennet. Onderzoek naar de opties voor flexibiliteit in het verbinden van korte en lange termijn investeringsopgaven, zoals mogelijke lock-in door

dijkversterking waardoor het veranderen van de afvoerverdeling van de Rijn steeds minder aantrekkelijk wordt.

- Experimenteer met waardering van flexibiliteit voor meer eenvoudige casussen voor investeren in natte infrastructuur.
- Experimenteer bij de waardering van flexibiliteit met de mogelijkheid van asymmetrische kansverdelingen en kansverdelingen met 'dikke staarten' (een relatief grote kans op extreme uitkomsten).
- Zorg voor gefaseerde besluitvorming met voldoende aandacht voor de opties voor flexibiliteit en het vergroten van kennis in alle stadia van besluitvorming.

Literatuur

Andreyeva, T., M.W. Long, K.D. Brownell, 2010, The Impact of Food Prices on Consumption: A Systematic Review of Research on the Price Elasticity of Demand for Food, *American Journal of Public Health*, vol. 100(2):216-22.

Aristoteles, 2012, *Politica* (Historische uitgeverij Groningen).

Besseling, P., J. Ebregt en R. Saitua, 2003, Kengetallen Kosten-batenanalyse project Zuidas Amsterdam, CPB Document 44.

Bestuurlijke Commissie MIRT Verkenning Grevelingen, 2012, MIRT Verkenning Grevelingen.

Bos, F., P. Zwaneveld en P. Puijenbroek, 2012, Een snelle kosten-effectiviteitsanalyse voor het deltaprogramma IJsselmeergebied: wat zijn de kosten en veiligheidsbaten van wel of niet meestijden met de zeespiegel en diverse opties voor het vergroten van de zoetwaterbuffer?, CPB Achtergronddocument.

Bos, F., C. Eijgenraam, F. Huizinga en P. Zwaneveld, 2013, Cost-benefit analysis and flood risk management in the Netherlands; a century of innovation and practice. Paper gepresenteerd tijdens de 5th Annual Conference of the Society for Benefit-Cost Analysis, Washington, February 21-22 2013.

Bos, W., 2009, Lange termijn discontovoet, brief van de minister van Financiën aan de Tweede kamer d.d. 11 september 2009.

Brealey, R.A., en S.C. Meyers, 1988, *Principles of Corporate Finance*. McGraw-Hill.

Broer, P., 2010, Macroeconomic Risks and Pension Returns, CPB Memorandum 241.

Brolsma, J.U., 2010, Beknopte geschiedenis van binnenvaart en vaarwegen; de ontwikkeling van de natte infrastructuur in Nederland (Rijkswaterstaat).

Commissie Risicowaardering, 2003, Risicowaardering bij publieke investeringsprojecten. Cox, J.C., S.A. Ross en M. Rubinstein, 1979, Option Pricing: a simplified approach, *Journal of Financial Economics*, vol. 7(1): 229-63.

Cucchiella, F., I. D'Adamo en M. Gastaldi, International conference on applied economics, 2008, Highway project management through real option, pp. 217-223.

Deltares, 2012, Verkennend onderzoek haalbaarheid innovatief zoet-zout-scheidingsstelsel Krammersluizen.

Deltares, 2013, Kosten en effecten van waterberging Grevelingen.

Dixit, A.K., en R.S. Pindyck, 1994, *Investment under uncertainty* (Princeton, New Jersey: Princeton University Press).

Dijkman, H., C.C. Koopmans en M.W.A.M. Vroomans, 2000, Kosten-batenanalyse van HSL-Oost infrastructuur, CPB Werkdocument 128.

Ecorys, 2009, Capaciteitsanalyse binnenvaart Scheldegebied.

Eijgenraam, C.J.J., C.C. Koopmans, P.J.G. Tang en A.C.P. Verster, 2000, Evaluatie van infrastructuurprojecten; leidraad voor kosten-batenanalyse (OEI-leidraad), CPB en NEI.

Eijgenraam, C.J.J., en P.J. Zwaneveld, 2011, Second Opinion Kosten-baten analyse Waterveiligheid 21e eeuw, CPB Notitie 31 augustus 2011.

Ford, D.N., D.M. Lander en J.J. Voyer, 2002, A real options approach to valuing strategic flexibility in uncertain construction projects, *Construction Management and Economics*, vol. 20: 343-51.

Gilbert, E, 2004, Investment basics. An introduction to real options, *Investment Analysts Journal*, vol. 60: 49-52.

Grevers, W., en P. Zwaneveld, 2011, Een kosten-effectiviteitsanalyse naar de toekomstige inrichting van de Afsluitdijk.

Haug, E. G., en N.N. Taleb, 2011, Option traders use (very) sophisticated heuristics, never the Black-Scholes-Merton formula, *Journal of Economic Behavior and Organization*, vol. 77: 97-106.

Herder, P.M., J. de Joode, A. Ligtoet, S. Schenk en P. Taneja, 2011, Buying real options - Valuing uncertainty in infrastructure planning, *Futures*, vol. 43(9): 961-969.

Hull, J.C., 2003, Options, futures and other derivatives, Pearson Education.

Kind, J., 2011, Maatschappelijke kosten-batenanalyse waterveiligheid 21e eeuw (Deltares, Delft).

Kind, J., J. Gauderis, M. Duits, C. Bak, 2011, Economisch optimale niveaus voor de bescherming van dijkringen tegen grootschalige overstromingen, *H2O Tijdschrift voor watervoorziening en waterbeheer*, vol. 25/26: 10-12.

Law, S.M., A.E. Mackay en J.F. Nolan, 2004, Rail infrastructure management policy: applying a real-options methodology, *Public Works Management Policy*, vol. 9(2): 145-153.

LEI, 2009, Indicatie van inkomens- en vermogensdervingen van de land- en tuinbouwsector in de Zuidwestelijke Delta ten gevolge van het niet meer kunnen beregenen door een Zout Volkerak-Zoommeer; berekeningen op basis van droogteschade (exclusief verziltingsschade).

LEI, 2010, Visserij in cijfers 2010.

Merton, R.C., 1997, Applications of option-pricing theory: twenty-five years later, Nobel lecture.

Ministerie van Financiën, 2009, Advies werkgroep Lange Termijn Discontovoet. 2 september 2009. <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2009/09/15/advies-werkgroep-lange-termijn-discontovoet.html>

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, ministerie van Financiën, Centraal Planbureau en RebvelGroup, 2004, Risicowaardering; aanvulling op de Leidraad OEI, december 2004.

Neufville, R. de, Scholtes, S. & Wang, T., 2006, Valuing options by spreadsheet: Parking garage case example, *ASCE Journal of Infrastructure Systems*, vol. 12(2): 107-11.

Ossokina, I., en C. Eijgenraam, 2010, Probleemanalyse en daaruit volgende project- en nulatlternatieven in KBA's, CPB Memorandum 234, 17 november 2010.

Pol, T.D. van der, Ierland, E.C. van, & Weikard, H.P. (2013). Optimal dike investments under uncertainty and learning about increasing water levels, *Journal of Flood Risk Management*.

Poort, J., 2006, Opties op de Zuidas, SEO, Amsterdam.

Romijn, G., en G. Renes, 2013, Algemene leidraad voormaatschappelijke kosten-batenanalyse, CPB en PBL, Den Haag.

Rosenberg, F.A. en C.C. Koopmans, 2004, Kosten-batenanalyse Zeetoegang IJmuiden (SEO, Amsterdam).

Rhee, C.G., van 2013, Preparing for an uncertain future through option analysis. The case of the Roode Vaart. Article to be published by UNESCO.

Rhee, C.G. van, M. Pieters, M.P. van de Voort, 2008, Real options applied to infrastructure projects: a new approach to valuing risk and flexibility. Paper presented at the International conference on infrastructure systems 2008, Rotterdam.

RWS VONK team, 2012, Voorlopige VONK systematiek versie 0.1.

Smit, H.T.J., 1997, Investment Analysis of Offshore Concessions in the Netherlands, *Financial Management*, vol. 26(2): 5-17.

Smit, H.T.J., 2003, Infrastructure Investment as a Real Options Game: The Case of European Airport Expansion, *Financial Management*, Winter, pp. 5-35.

Stratelligence, 2012a, Handreiking Adaptief Deltamanagement.

Stratelligence, 2012b, Reële-optieanalyse; Waardevolle aanvulling op het evaluatie-instrumentarium van het ministerie van Infrastructuur en Milieu?

Stratelligence, 2012c, Bepaling optimaal beslismoment voor investeringen in het hoofdwatersysteem (concept, d.d. 21 februari 2012).

Stratelligence, 2012d, Geactualiseerde Kosten-batenanalyse waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer; Bestuurlijk overleg Krammer-Volkerak. (eindconcept d.d. 5 april 2012).

Stratelligence, 2012e, Uitvoeringsstrategie Grevelingen, Volkerak-Zoommeer en zoetwater in de Zuidwestelijke Delta; optimale strategie door toepassing van Adaptief Deltamanagement (definitieve versie d.d. 6 juli 2012).

Stuurgroep Zuidwestelijke Delta, 2009, Zoet water Zuidwestelijke Delta; Een voorstel voor een regionale zoetwatervoorziening.

Triantis, A., 2005, Realizing the potential of real options: does theory meet practice?, *Journal of Applied Corporate Finance*, vol. 17(2): 8-16.

Trigeorgis, L., 1999, Real options; managerial flexibility and strategy in resource allocation (MIT Press, Cambridge).

Van Reedt Dortland, M., H. Voordijk en G. Dewulf, 2014, Making sense of future uncertainties using real options and scenario planning, *Futures*, vol. 55: 15-31.

Verrips, A., R. Aalbers en F. Huizinga, 2013, KBA Structuurvisie 6000 MW Windenergie op land, CPB Notitie 14 juni 2013.

Vrolijk, H., 2007, Mosselen: Vlaamse vismarkt, in: H. Snijders, H. Vrolijk en D. Jacobs,, *De economische kracht van agrofood in Nederland*, Rijksuniversiteit Groningen, in opdracht van het ministerie van LNV. (ook gepubliceerd door de Stichting Maatschappij en Onderneming)
Weitzman, M.L. (2011). Fat-tailed uncertainty in the economics of catastrophic climate change. *Review of Environmental Economics and Policy*, 5(2), 275-292.

Werkgroep Actualisatie Discontovoet, 2007, Advies Werkgroep Actualisatie Discontovoet.

Werkgroep Lange Termijn Discontovoet, 2009, Advies Werkgroep Lange Termijn Discontovoet.

Witteveen & Bos, 2008, Kosten en baten van actief visstandbeheer; achtergrondrapport Ex-ante evaluatie KRW.

Witteveen & Bos, 2012, MIRT-verkenning capaciteitsuitbreiding Volkeraksluizen (versie september 2012, definitief 03).

Zhao, T en C. Tseng, 2003, Valuing Flexibility in infrastructure expansion, *Journal of infrastructure systems*, vol. 9(3): 89-97.

Zhao, T., S.K. Sundararajan en C. Tseng, 2004, Highway Development Decision-making under Uncertainty: A Real Options Approach, *Journal of Infrastructure systems*, vol. 10(1): 23-32.

Bijlage 1. Flexibiliteit in Nederlandse MKBA's

Bijlage 1.1 KBA Zeetoegang IJmuiden: een nieuwe grote sluis of uitstel van besluitvorming?

In de KBA Zeetoegang IJmuiden (Rosenberg en Koopmans, 2004) zijn allereerst de kosten en baten van een grote sluis in IJmuiden in kaart gebracht. Vervolgens zijn de kosten en baten van een reeks van alternatieven geschat. Dit ging zowel om door de projectorganisatie als kansrijk beschouwde alternatieven als om alternatieven die het SEO interessant en kansrijk vond; hierbij zat ook een uitstel variant. Ook zijn gevoeligheidsanalyses uitgevoerd ten aanzien van onzekerheden die bij de voorspelling van de baten een rol spelen.

De KBA concludeerde dat aanleg van de grote sluis waarschijnlijk een negatief welvaartseffect heeft. Andere projectalternatieven kennen vaak ook een negatief saldo maar komen minder ongunstig uit dan de Grote Sluis. De uitkomsten zijn echter gevoelig voor de kosten van risico van uitval van de Noordersluis.

Van de sluisalternatieven komt de uitvoering van een grote groene kolk (grote sluis met aflopende zijwanden) als beste te voorschijn. Voor deze variant is - op eigen initiatief van SEO - ook gekeken naar uitstel. Gezien de verwachte groei van de overslag en van de scheepsgrootte zal het knelpunt in de loop van de tijd steeds groter worden. Daardoor nemen ook de baten van oplossingen toe in de tijd. Als de bouw van de grote groene kolk op een later tijdstip, bijvoorbeeld in 2013 van start gaat in plaats van. 2008 zoals bij de meest andere alternatieven, levert dit een positiever kosten-batensaldo op. Daarbij is verondersteld dat de ladingstromen die naar Amsterdam 'willen' komen, niet negatief worden beïnvloed door uitstel van de investering. Dit is vermoedelijk het geval als een positief besluit over de (latere) investering wordt genomen. Als niet alleen de investering maar ook het besluit wordt uitgesteld, is het risico van (duurzaam) verlies van lading groter.

Bijlage 1.2 KEA Afsluitdijk: flexibiliteit van renoveren versus nieuwbouw

In de kosten-effectiviteitsanalyse over de toekomstige inrichting van de Afsluitdijk is expliciet gekeken naar de kosten en baten van flexibiliteit (Grevers en Zwaneveld, 2011, zie in het bijzonder Bijlage E). De Afsluitdijk en de kunstwerken waren technisch versleten en voldoen ook bij lange na niet meer aan de gewenste veiligheid. Er was hier dus duidelijk sprake van een vervangingsopgave.

Een projectalternatief (eerst renoveren en pas later nieuwbouw) om de Afsluitdijk weer aan de gewenste vereisten te laten voldoen was flexibeler ten aanzien van toekomstige ontwikkelingen dan de andere (vijf) alternatieven, die gingen namelijk uit van direct nieuwbouw. Besluitvormers wilden graag weten wat deze extra flexibiliteit voor waarde had.

De waarde van flexibiliteit is hier als volgt bepaald. Allereerst is hier voor elk van de zes projectalternatieven de welvaartseconomische optimale vormgeving bepaald bij een veelgebruikt warm klimaatscenario (KNMI W+-scenario). Deze optimale vormgeving kon op basis van logisch nadenken in enkele dagen worden bepaald. Vervolgens is op basis van dit scenario en de aldus verkregen projectalternatieven de MKBA opgesteld.

Op basis van deze MKBA bleek het alternatief dat uitging van eerst renovatie en later nieuwbouw economisch gezien al de beste keuze. Hieruit is geconstateerd dat de baten van flexibiliteit afhingen van het klimaatscenario (en niet bijvoorbeeld van het sociaal-economische scenario). Vervolgens is de optimale vormgeving van alle projectalternatieven bepaald op basis van het meest gematigde (lees: gunstigste) en meest warme (lees: ongunstigste) klimaatscenario. Vervolgens zijn op basis van de kwantitatief belangrijkste effecten de kosten en baten bepaald voor beide extreme scenario's. Deze kosten en baten zijn gerelateerd aan het verschil in MKBA-saldo van het standaard scenario. In de MKBA-overzichtstabel zijn deze effecten bij beide extreme scenario's uitgedrukt als de additionele baten van flexibiliteit bij andere klimaatscenario's. Zo werden in één tabel alle effecten bijeengebracht.

De kansverdeling voor de klimaatscenario's was niet bekend. Maar als de kans dat het klimaat buiten de range van beide extreme klimaatscenario's valt klein is, dan zal de verwachte waarde van het MKBA-saldo van de verschillende kernen ook ergens tussen die voor beide klimaatscenario's in liggen. De genoemde additionele baten van flexibiliteit werd dan ook niet als één waarde weergegeven, maar als een bandbreedte. De 'echte' reële-optiewaarde lag dus ergens in deze bandbreedte. Deze bandbreedte was dermate smal, dat op basis van de uitgevoerde analyse kon worden geconcludeerd dat één projectalternatief onder alle waarschijnlijke klimaatscenario's 'welvaartseconomisch beter' is dan de andere beschouwde alternatieven.

Hiertoe hoefde de 'reële-optiewaarde' zelf niet berekend te worden terwijl het doel van het toepassen van de reële-optiewaarde toch werd bereikt en ook de wijze van presenteren erg leek op een echte reële-optieberekening.

Voor de volledigheid merken we op dat de analyse ook anders hadden kunnen worden gepresenteerd. We hadden ook de MKBA van de alternatieven in beide extreme scenario's kunnen weergeven en dan kunnen constateren dat het alternatief 'renoveren' in beide extreme scenario's welvaartsoptimaal is. Hieruit kon de conclusie worden getrokken dat renoveren in alle denkbare scenario's welvaartsoptimaal is en dus als 'no-regret' kan worden getypeerd. Deze scenario-gebaseerde aanpak wordt vaker gehanteerd.

Bijlage 1.3 KBA Wind op land: Uitstel of gefaseerde invoering?

De KBA Wind op land (Verrips et al., 2013) is een maatschappelijke kosten-batenanalyse van het bijplaatsen van 3500 MW windenergie op land tussen 2015 en 2020. Geconcludeerd wordt dat maatschappelijke kosten en baten van het project ongeveer met elkaar in evenwicht zijn, afgezien van gevolgen van het mogelijk niet halen van de Europese doelstelling voor hernieuwbare energie en potentieel grote effecten voor het landschap. De onzekerheden zijn echter groot. Daarnaast is dit neutrale saldo de som van een negatief saldo aan het begin en een positief saldo na een aantal jaren. Uitstel van het project met ongeveer 5 jaar is maatschappelijk gezien de beste optie; belangrijke voorwaarde hiervoor is wel dat de elektriciteitsprijs dan voldoende hoog is .

De reden voor het negatieve saldo in de eerste jaren is de combinatie van de economische crisis waardoor de vraag naar energie laag is en de al bestaande en nog groeiende overcapaciteit. Tegelijkertijd heeft de Amerikaanse schaliegasrevolutie de Europese elektriciteitsprijzen verder onder druk gezet en voert vooral Duitsland een ambitieus investeringsprogramma door voor hernieuwbare energie. Door deze combinatie van factoren zijn de elektriciteitsprijzen op dit moment zo laag, dat elke uitbreiding van de productiecapaciteit verliesgevend is. Dat geldt ook voor wind op land.

De verwachting is dat de elektriciteitsprijzen substantieel zullen stijgen in de toekomst door afname van de overcapaciteit en stijging van de CO₂-emissiehandelsprijzen. Die verwachting is echter met grote onzekerheden omgeven. Wanneer het herstel van de prijzen plaatsvindt en met welk tempo is onzeker. Uitstel heeft daarmee het additionele voordeel dat beter kan worden ingespeeld op de prijsontwikkelingen in de elektriciteitsmarkt.

Hoeveel uitstel? Dat is op voorhand lastig exact te voorspellen, juist vanwege de onzekerheden in de elektriciteitsprijzen. Daarnaast zijn er grote verschillen tussen de provincies. In Friesland waait het het hardst en zijn de opbrengsten het hoogst. Plaatsing van extra windmolens is in die provincie dan ook het eerst winstgevend zo rond 2020. Windparken in Overijssel, Limburg en Noord-Brabant zijn naar verwachting niet voor 2040 rendabel te exploiteren. Een gefaseerde invoering van het project, afhankelijk van de toekomstige prijsontwikkeling, ligt dan ook voor de hand.

Bijlage 1.4 KBA Maasvlakte 2: aanleg faseren en per scenario optimaal moment van aanleg bepalen

In de kosten-batenanalyse van de Maasvlakte 2 (CPB, NEI en RIVM, 2001) was de centrale vraag met hoeveel en in welk tempo de Rotterdamse haven moet worden uitgebreid door landaanwinning. Eerst is gekeken op welke manier de tweede Maasvlakte aangelegd kon worden. Conclusie was dat flexibele (én gefaseerde) aanleg verreweg het goedkoopste is en het minste risico met zich meebrengt.

Vervolgens is gekeken in welk jaar de eerste fase moet worden aangelegd en wat daarvan het welvaartseffect is. Als te snel nieuwe haventerreinen worden aangelegd, is het risico om lange tijd met niet verhuurd terrein te blijven zitten, dat wil zeggen wel elk jaar de kosten van onderhoud en rentelasten en niet de baten van huurinkomsten. Als te langzaam wordt aangelegd, is er de kans 'nee' te moeten verkopen aan een klant die wellicht niet meer terugkomt. Daardoor kunnen permanent inkomsten worden misgelopen. Zowel te veel aanleggen als te weinig aanleggen is niet efficiënt. Ergens in het midden moet dus een optimum liggen. Op basis van dergelijke argumenten is een logische beslisregel ontwikkeld wanneer met de aanleg begonnen diende te worden. Dat was als de vraag op enig moment een bepaalde grenswaarde overschreed. Extra complicatie is dat de bouwperiode voor nieuwe haventerreinen 2 tot 3 jaar is, dat er diverse manieren zijn om de vraag naar haventerrein toe te wijzen en om een haventerrein in te richten.

Door middel van simulatiemodellen is per sociaaleconomisch scenario geanalyseerd wat, gelet op de kosten en baten voor verschillende vraagscenario's, de meest geschikte timing en manier is om de Rotterdamse haven uit te breiden, de vraag naar haventerrein toe te wijzen en het haventerrein in te richten. Op basis van deze simulaties is per scenario gerapporteerd in welk jaar de aanleg 'gemiddeld' zou moeten starten en wat het gemiddelde maatschappelijke rendement dan is.

Op basis van deze analyses kon worden geconcludeerd dat de kosten-batenanalyse van de landaanwinning (Maasvlakte 2) liet zien dat het project tot 2035 bij de huidige haventarieven in geen enkel groeiscenario een batig saldo voor de Nederlandse samenleving heeft. Bij andere haventarieven lag dit echter anders: tariefsverhoging bood goede aangrijpingspunten tot verbetering.

Ondanks de complexe en tijdrovende analyses is ook bij deze KBA geen formele reële-optieanalyse toegepast. Zo is niet het 'optimale' moment van aanleg bepaald, maar slechts een 'logisch' moment. Ook zijn de resultaten van verschillende sociaal-economische scenario's niet samengewogen tot één getal. Desondanks heeft men nadrukkelijk gezocht naar het faseren van het project, heeft men de waarde van die flexibiliteit kunnen vaststellen en inzicht gegeven in welk jaar men naar verwachting zou moeten starten met aanleg en welke andere mogelijkheden men heeft om het rendement van het project te vergroten.

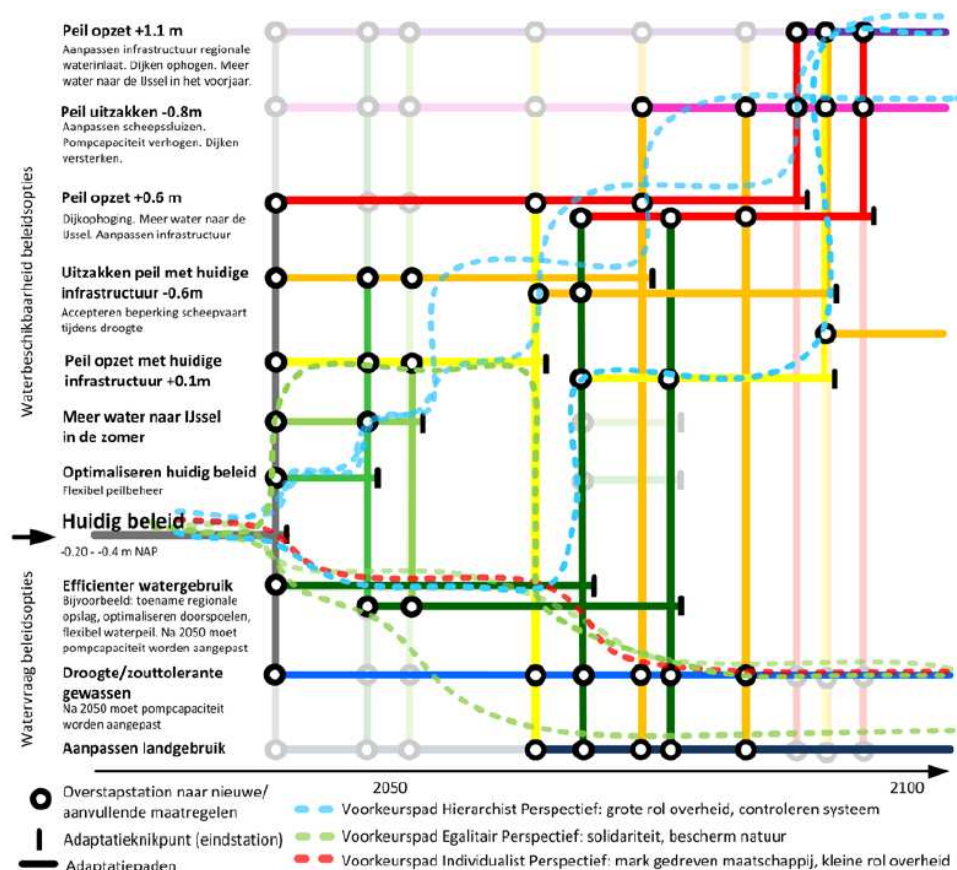
Bijlage 1.5 KEA DPIJ: pompen of spuien en synergie met zoetwateropgave?

Hoewel flexibiliteit en onzekerheid in de CPB-studie uit 2012 (Bos et al., 2012; hierna KEA DPIJ) geen prominente aandacht krijgt, speelt rond het IJsselmeer flexibiliteit en optimale timing van investeringen een grote rol. Ook is hier duidelijk sprake van mogelijke synergie-effecten tussen oplossingen voor waterveiligheid en zoetwatervoorzieningen.

In dit gebied zijn veel opties denkbaar om het zoetwatervraagstuk en de waterveiligheid te adresseren. De toekomstige klimaatontwikkelingen bepalen welke ontwikkelingen en

bijbehorende investeringen (samen ook wel: adaptatiepaden genoemd in onderstaande figuur) gewenst en mogelijk zijn. Zelfs het bijeenbrengen van alleen de zoetwatermogelijkheden leidt tot een intrigerend maar ook enigszins ontmoedigende labyrint van mogelijkheden, zoals onderstaande figuur illustreert.

Figuur B1.1 Adaptatiepaden voor zoetwatervoorzieningen vanuit het IJsselmeergebied (Haasnoot et al., 2012; van Rhee, 2012)



Daarmee lijkt het IJsselmeergebied wel een goed voorbeeld hoe in de MKBA-praktijk met de ideeën van adaptief deltamanagement omgegaan kan worden. En wel zodanig dat het uiteindelijke doel ook wordt bereikt: goed onderbouwde en heldere conclusies waarop beleid kan worden gebaseerd.

Hoe hebben we in de KEA DPIJ het onderzoek aangepakt om deze ingewikkelde knoop van mogelijkheden te ontwarren?

Eerst zijn we gestart met een korte probleemanalyse van enkele dagen. Hieruit bleek dat er op korte termijn eigenlijk geen grote zoetwaterproblemen te verwachten waren. De afgelopen 80 jaar waren die niet opgetreden en er is ook nog geen trend zichtbaar dat de droge perioden in Nederland toenemen. Dit leidde ertoe dat de mogelijkheden om de waterveiligheid te borgen los werden geanalyseerd van de mogelijkheden om de zoetwatervoorraad te vergroten. Ook is al vrijwel direct besloten om geen onderzoek te doen naar de 'baten van extra zoetwater'. De reden was dat het beleidsmatig nog niet opportuun

was om deze discussie aan te gaan en daarbij was het bij voorbaat ook niet duidelijk hoe dit te bepalen. Deze keuze maakt het onderzoek dus duidelijk eenvoudiger: met alle bijbehorende voor- en nadelen.

Allereerst is gekeken op welke manier op korte termijn de zoetwatervoorraad aanmerkelijk kon worden vergroot (tot maximaal +300%) tegen relatief geringe kosten. Uit deze analyse kwam de conclusie dat voor een relatief gering bedrag (25 mln euro) het zoetwateraanbod aanmerkelijk kon worden vergroot (+200%). Hieruit kon de conclusie worden getrokken dat *eventuele* problemen met zoetwater zelfstandig opgelost kunnen worden zonder interactie met andere beleidsvelden (waterveiligheid). Dit maakt het formuleren van beleidsaanbevelingen en het onderzoek daartoe beduidend eenvoudiger.

In een tweede stap is de hoofdkeuze voor het IJsselmeergebied onderzocht. Die hoofdkeuze bleek - na een korte probleemanalyse - te zijn:

- Gaan we het IJsselmeerwater wegpompen (en houden we het peil van het IJsselmeer de komende decennia gelijk aan het huidige peil)? of
- Laten we het IJsselmeerpeil meestijgen met de zeespiegel (en kunnen we blijven spuien onder vrij verval)?

Alle keuzes die volgen uit een van beide mogelijkheden zijn in de studie 'welvaartsoptimaal' gemaakt. De lezer van de studie wordt er dus niet mee lastiggevallen, hoewel in bijlagen alle informatie wel te vinden is. Dit betekent niet dat hier amper aandacht aan is besteed. Sterker nog, het overgrote deel van de werkzaamheden is gaan zitten in het bepalen wanneer en in welke mate de dijken in het IJsselmeergebied moeten worden versterkt bij elk van de keuzes. Hiertoe is zelfs een nieuw wiskundig-economisch model ontwikkeld. De kosten en baten van deze dijkversterkingen bepaalden ook voor meer dan 90% de uitkomsten van de MKBA, waarbij tevens werd aangetoond dat het bepalen van de benodigde dijkversterking op basis van 'logische en eenvoudige' edoch 'niet welvaartsoptimale' rekenregels tot zeer foutieve MKBA-uitkomsten zou hebben geleid.

De onzekerheid rond de hoofdkeuze is geanalyseerd op basis van twee scenario's: een ongunstig (W+) en een gematigd (G) klimaatscenario. Uit de - omvangrijke - berekeningen bleek uiteindelijk dat 'wegpompen van IJsselmeerwater' in beide extreme scenario's een veel beter MKBA-saldo te hebben dan 'meestijgen en blijven spuien'. Kortom: ook hier bleek het mogelijk een zeer heldere beleidsaanbeveling te formuleren.

In een derde stap zijn - in aanvulling op de hoofdkeuzes - meerdere langetermijnopties onderzocht om de zoetwateraanbod te vergroten. Door deze studieopzet worden eventuele synergie-effecten automatisch meegenomen in deze laatste stap. Ook het berekenen van de belangrijkste welvaartseffecten vereiste hier gecompliceerde (en nieuw bedachte) rekenschema's. Een aantal effecten is daarnaast ook 'grofmazig' bepaald, omdat de tijd dan wel benodigde inputgegevens ontbraken. Ook hier was de conclusie helder: de extra opties om de zoetwaterbuffer te vergroten, waren veel duurder dan de eerdere kortetermijnopties. En omdat de eerdere (korte termijn) opties om de zoetwateraanbod te vergroten onder alle

denkbare omstandigheden ruim voldoende lijken voor de komende decennia, vervalt op dit moment de noodzaak om deze aanvullende opties nader uit te werken.

Het lukte dus om de ingewikkelde knoop te ontwarren in een heldere en overtuigend onderbouwde beleidsaanbevelingen. Enerzijds kan dit worden gezien als geluk, maar anderzijds was dit het bewuste gevolg van de studieopzet. Tijdens de probleemanalyse was bij de betrokkenen al het vermoeden ontstaan dat de genoemde uitkomsten waarschijnlijk het resultaat zou zijn. Dus kon de studie zodanig worden opgezet dat met een grote kans deze vermoedens ook adequaat konden worden onderbouwd.

Bijlage 1.6 MKBA Waterveiligheid 21e eeuw: onzekerheid over optimale dijkhoogtes

In de maatschappelijke kosten-batenanalyse Waterveiligheid 21e eeuw (MKBA WV21 zie Kind, 2011 en Kind et al., 2011) zijn economisch optimale beschermingsniveaus voor primaire waterkeringen berekend.

De analyse is gebaseerd op het vergelijken van de kosten en baten van dijkversterking. Versterking van dijken en kunstwerken verlaagt de faalkans van dijken en daarmee de verwachte economische schade (inclusief slachtoffers). Versterking van dijken en kunstwerken (inclusief onderhoud en exploitatie) zijn dan de directe kosten van veiligheid. Verlaging van verwachte economische schade zijn de bijbehorende baten van extra veiligheid. De economische optimale manier van versterking van dijken en kunstwerken is daarom dijken en kunstwerken precies zo aan te passen voor zover deze extra kosten zichzelf terugverdienen door een lagere verwachte economische schade. Dit economische principe betekent ook dat in gebieden met grote bevolkingsdichtheid en waarde van economische bezittingen en activiteiten grote investeringen in dijken en kunstwerken gerechtvaardigd zijn. Daarentegen moet volgens dit principe veel minder worden geïnvesteerd in gebieden met lage bevolkingsdichtheid en relatief gering economisch belang. Afwijken van dit principe kan, maar is kostenverhogend en het is de taak van de politiek om te bepalen in hoeverre deze prijs gerechtvaardigd is.

Sinds de jaren zestig zijn in Nederland door het pionierswerk van Van Dantzig (zie Bos et al., 2013) de wettelijke veiligheidsnormen voor waterkeringen expliciet gebaseerd op een dergelijke economische afweging. Een belangrijk doel van de studie Waterveiligheid 21e eeuw was te toetsen in hoeverre nog steeds aan een dergelijke afweging wordt voldaan. De MKBA WV21 concludeerde dat het economisch efficiënt is - mede door de aanzienlijke economische groei sinds de jaren zestig - de veiligheidsnormen voor drie gebieden opwaarts bij te stellen: het rivierengebied, delen van de regio Rijnmond-Drechtsteden en Almere. De studie ondersteunde echter niet de aanbeveling van de Commissie Veerman om het beschermingsniveau voor alle gebieden in Nederland met een factor 10 te verhogen.

De basisgegevens die nodig zijn voor het berekenen van het economisch optimale beschermingsniveau van primaire waterkeringen worden gekenmerkt door onzekerheid. De hoogte van het berekende optimale beschermingsniveau is dus ook onzeker. Om deze onzekerheid in beeld te brengen, is een Monte-Carloanalyse uitgevoerd: door verschillende experts is voor de meest bepalende variabelen een kansverdeling benoemd. Vervolgens is voor 10 duizend trekkingen uit deze kansverdelingen de economisch optimale overstromingskans berekend en een betrouwbaarheidsinterval rondom deze kans afgeleid.

Uit deze analyse volgt dat het betrouwbaarheidsinterval rondom de economisch optimale overstromingskansen groot is. Voor de meeste dijkringen ligt deze met 80 procent zekerheid tussen - 60 en + 100 procent van de als 'standaard' gepresenteerde economisch optimale overstromingskans. Anders gezegd, wanneer een gemiddelde economisch optimale overstromingskans is berekend van 1/2000 per jaar, dan ligt deze met 80 procent zekerheid tussen 1/5000 (-60 procent) en 1/1000 per jaar (+ 100 procent). De onzekerheid in de raming van de gevolgen van een overstroming (schade en slachtoffers) is voor de meeste dijkringen de belangrijkste bron van onzekerheid. Onzekerheid over onder meer het overstromingsverloop, evacuatiefracties, schade- en mortaliteitsfuncties en economische groei versterken elkaar. Omdat de invloed van de onzekerheden doorgaans voor alle dijkringen in dezelfde richting doorwerken, zijn ondanks de grote bandbreedtes de geschatte relatieve verhoudingen van de economisch optimale overstromingskansen tussen de dijkringen significanter dan uit een bandbreedte zou kunnen worden geconcludeerd.

In de second opinion van deze MKBA (zie Eijgenraam en Zwaneveld, 2011, paragraaf 10.3, p. 34) wordt aangegeven dat het belang van Monte-Carloanalyse niet alleen ligt in het geven van inzicht in de mate van onzekerheid van de uitkomsten:

“Van wellicht nog groter belang is het verschil per dijkkring tussen het gemiddelde van alle uitkomsten van de Monte-Carloberekeningen en de uitkomst van de basisvariant. In de basisvariant is bij alle invoerparameters en variabelen de meest waarschijnlijke gekozen. Theoretisch geeft dit echter niet de meest waarschijnlijke uitkomst. Dat is het gemiddelde van de Monte-Carloresultaten. De Monte-Carloberekeningen in WV21 zijn echter niet uitgevoerd met het hele model, maar met een versimpelde versie daarvan. De uitkomst kan dus niet rechtstreeks worden gebruikt. Maar het relatieve verschil tussen de Monte-Carlo-uitkomst en de basisuitkomst dient wel degelijk meegenomen te worden in de hoogte van de echte uitkomsten. Door de Monte-Carloanalyse toe te passen wordt op de correcte manier rekening gehouden met het belang om juist de overstromingen die grote schade veroorzaken te voorkomen.”

Bijlage 2. Reële opties en strategische keuzes VZ&G

Bijlage 2.1 Inleiding

In hoofdstuk 4 is op een pragmatische manier de reële-optiebenadering toegepast op de vervangingsopgaven bij de Volkerak- en Krammersluizen. In deze bijlage wordt onderzocht in hoeverre de reële-optiebenadering kan helpen bij het analyseren van drie hiermee samenhangende strategische keuzes:

1. Moet het Volkerak-Zoommeer zout worden met beperkt getij?
2. Moet beperkt getij in het Grevelingen worden geïntroduceerd?
3. Moet niet alleen het Volkerak-Zoommeer, maar ook het Grevelingen als waterberging worden gebruikt?

Ook wordt gekeken in hoeverre hierbij sprake is van synergie-effecten tussen deze drie strategische keuzes en met de vervangingsopgaven bij de Volkerak- en Krammersluizen.

Als eerste stap wordt in deze bijlage een beslisboom opgesteld. In deze casus slingeren diverse problemen en aspecten als in een grote kluwen spaghetti door elkaar. Juist in een dergelijke complexe casus is een heldere probleemstelling, scheiding van hoofd- en bijzaken en het selecteren van de belangrijkste alternatieven van toegevoegde waarde. Het opstellen van een beslisboom is hierbij dan een belangrijk hulpmiddel. Vervolgens wordt per strategische keuze gekeken naar de meerwaarde van de reële-optiebenadering. Aan het eind van de bijlage worden conclusies over de meerwaarde van de reële-optiebenadering voor deze casus getrokken. Ook wordt ingegaan op de synergie-effecten met de vervangingsopgaven bij de Volkerak- en Krammersluizen.

Bij de analyse in deze bijlage is gebruik gemaakt van diverse maatschappelijke kosten-batenanalyses (MKBA's) en andere onderzoeksrapporten. Het is echter geen second opinion op deze MKBA's en onderzoeksrapporten en ook betreft het geen uitgetrilde en zelfstandige analyse van de korte- en langetermijnvervangingsproblematiek rond het Volkerak-Zoommeer en Grevelingen. Dit laatste is ook nog niet mogelijk, omdat op diverse belangrijke punten nog nader onderzoek wordt gedaan.

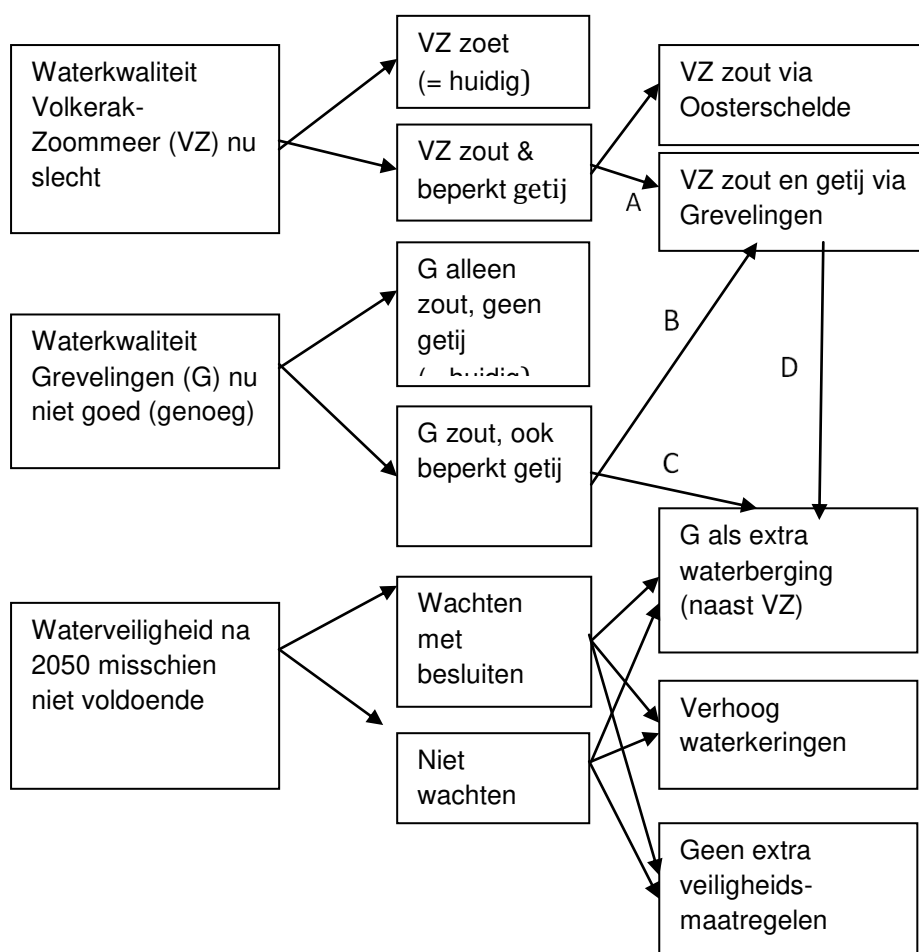
Bijlage 2.2 Het opstellen van de beslisboom

Om de strategische keuzes bij het Volkerak-Zoommeer en het Grevelingen en de relatie met de vervangingsopgaven bij de Volkerak- en Krammersluizen te analyseren kan het beste eerst een beslisboom worden gemaakt. Dit helpt om de problemen te structureren, hoofd- en bijzaken te scheiden en systematisch op zoek te gaan naar de beste investeringsstrategie, inclusief eventueel gebruik van de reële-optiebenadering.

Het maken van een goede beslisboom is een proces van een aantal stappen. Eerst wordt een globale beslisboom gemaakt met de drie strategische keuzes en het bijbehorende probleem (zie figuur B2.1).

De eerste strategische keuze betreft het vraagstuk van de slechte waterkwaliteit van het Volkerak-Zoommeer. Hiervoor zijn twee opties: of dit meer blijft net als nu zoet of het meer wordt zout gemaakt. Indien voor dit laatste wordt gekozen dan kan het zout worden gemaakt via de Oosterschelde of via de Grevelingen

Figuur B2.1 Eerste globale beslisboom strategische keuzes rond Volkerak-Zoommeer en Grevelingen



De tweede strategische keuze betreft de - niet goede - waterkwaliteit van het Grevelingen. Opties zijn daar het Grevelingen zout houden zonder getij ('huidig') of beperkt getij introduceren.

De derde strategische keuze gaat over de vraag of er waterveiligheidsproblemen zijn in het gebied. Deze problemen kunnen ontstaan in perioden waar storm op zee (gesloten keringen) en hogere rivierafvoer samenvallen. Het water uit de rivieren kan dan niet voldoende worden afgevoerd via de Nieuwe Waterweg en Haringvlietsluizen. Om overstromingen te vermijden kunnen dijken langs het stroomgebied worden opgehoogd, maar kan het water ook 'ergens' worden geborgen. Beide oplossingen verhogen de veiligheid. De Grevelingen kan worden gebruikt als waterberging. Er kan ook worden besloten om geen extra veiligheidsmaatregelen te nemen. De Grevelingen kan alleen voor waterberging worden gebruikt indien ook het Volkerak-Zoommeer daarvoor geschikt wordt gemaakt; dit laatste is reeds besloten.

In bovenstaande beslisboom wordt onderscheid gemaakt tussen problemen die op relatief korte termijn misschien moeten worden opgelost (wel of geen getij in de Grevelingen en wel of niet zout maken van het Volkerak-Zoommeer) en een probleem waarvan de urgentie niet duidelijk is (extra waterveiligheid).

Ook de samenhang tussen de drie strategische keuzes is expliciet gemaakt in het schema via de pijlen A, B, C en D:

- Het Volkerak-Zoommeer kan via een open doorgang in de Grevelingendam (pijl A) zout worden gemaakt, maar dan moet er op het Grevelingen zelf ook getij zijn (pijl B) en dus een doorlaat in de Brouwersdam die voor getij op de Grevelingen zorgt. Met een zout Grevelingen zonder getij (= de huidige situatie) kunnen de noodzakelijke waterkwaliteit en waterbeweging op het Volkerak-Zoommeer niet worden gerealiseerd.
- Voor het gebruik van de Grevelingen als waterberging, levert het diverse kostenvoordelen³² op als het Volkerak-Zoommeer zout wordt (pijl D) en getij in het Grevelingen wordt gerealiseerd (pijl C). Dan kan worden gekozen voor een open verbinding tussen het Volkerak-Zoommeer en het Grevelingen in plaats van een afsluitbare verbinding. Dit bespaart 91 miljoen euro. Ook is een doorlaat in de Philipsdam voor een zout Volkerak-Zoommeer dan niet meer nodig. Dit scheelt 43 miljoen aan investeringen en extra onderhoudskosten. Daarnaast kan één groot zout meer met getij ook extra gezamenlijke baten opleveren, bijvoorbeeld aantrekkelijker voor waterrecreatie en natuur.

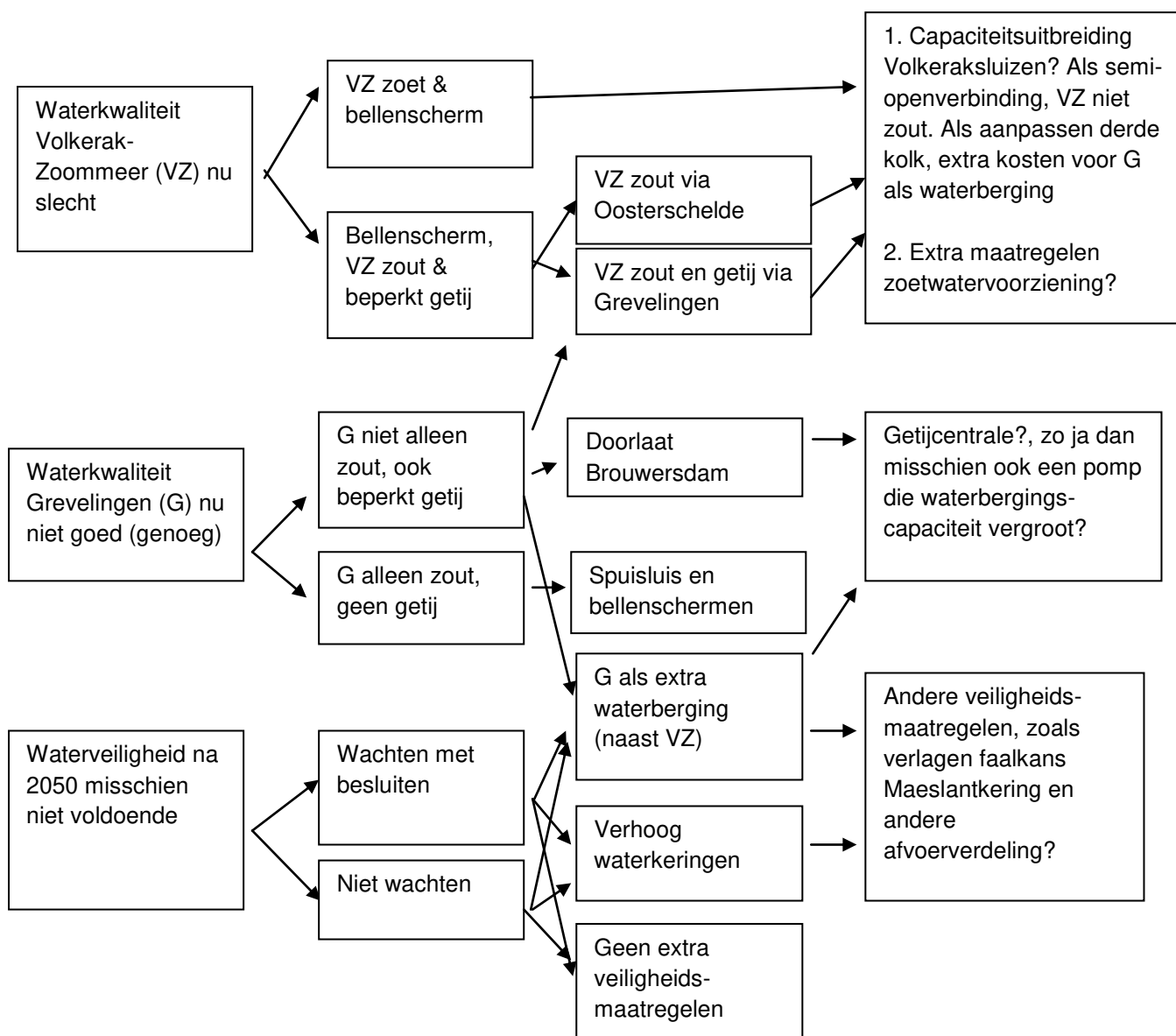
Om een goed beeld te krijgen van de kosten en baten van de verschillende strategische keuzes, moet ook de relatie met de beide keuzes rond de Volkerak- en Krammersluizen duidelijk worden gemaakt. Dit is te zien in onderstaande beslisboom (figuur B2.2). Ook zijn een aantal andere keuzes toegevoegd, zoals wel of geen getijcentrale en een andere

³² Zie Stratelligence, 2012e, p. 20.

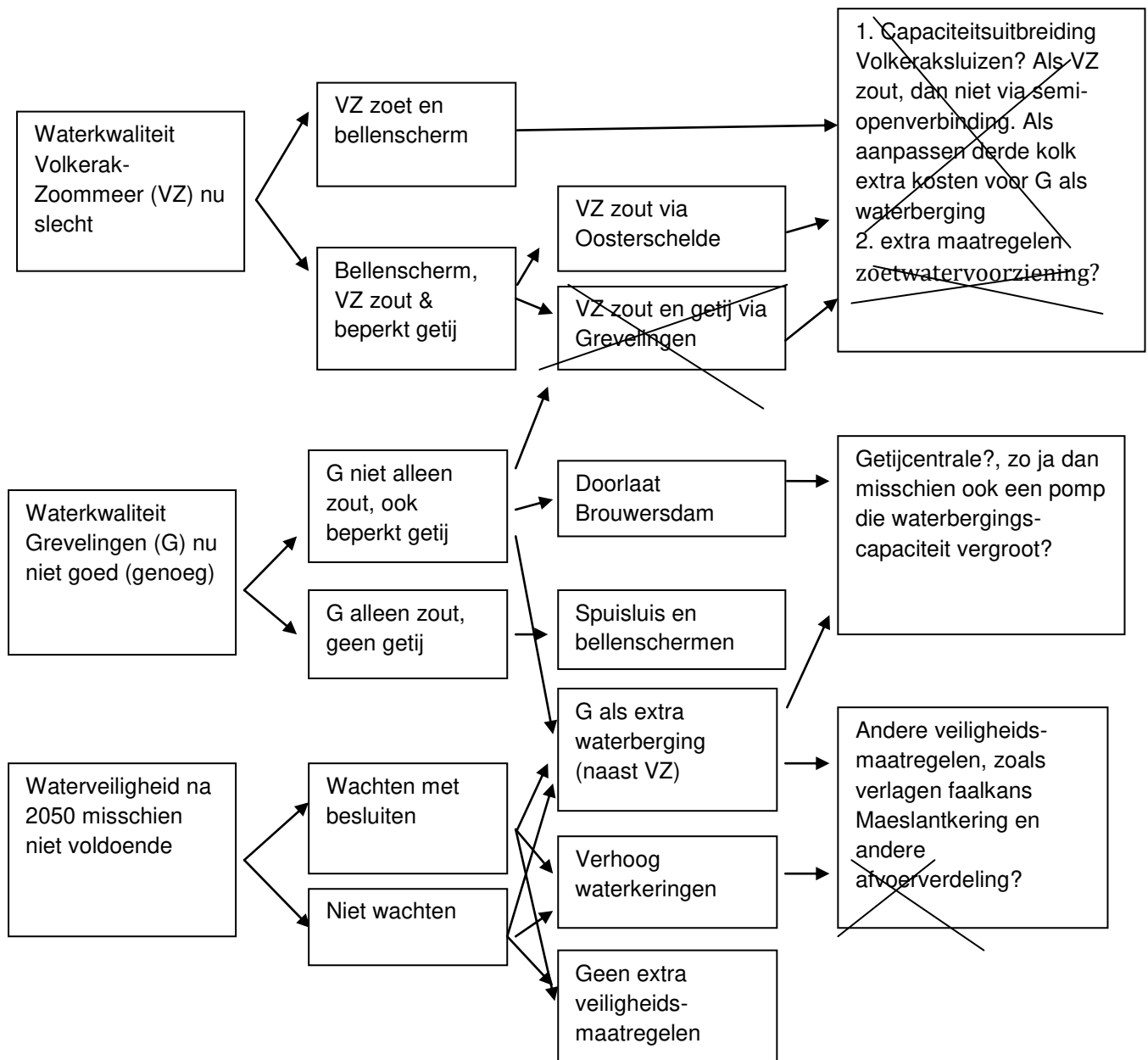
afvoerverdeling. De timing is nog niet nader gespecificeerd, maar is natuurlijk wel erg belangrijk. Hier wordt in de rest van deze bijlage nog nader op ingegaan.

We hebben er bewust naar gestreefd om onderstaande beslisboom zo overzichtelijk mogelijk te maken. Desondanks maakt het duidelijk dat we te maken hebben met een stelsel van problemen met elk meerdere oplossingen en meerdere onderlinge verbanden.

Figuur B2.2 Uitgebreide beslisboom vervangingsopgave Volkerak-Zoommeer en Grevelingen: strategische en diverse operationele keuzes



Figuur B2.3 Gesnoede beslisboom vervangingsopgave rondom de Grevelingen en het Volkerak-Zoommeer (= versimpelt voor makkelijke of onafhankelijke operationele keuzes)



Voor nadere analyse is het echter belangrijk de uitgebreide beslisboom te vereenvoudigen. Dit kan door een aantal makkelijke keuzes reeds te maken, of door onafhankelijke operationele keuzes weg te laten.

In bovenstaande beslisboom (figuur B2.3) zijn vier keuzes komen te vervallen. Hierdoor wordt in vier gevallen ook helder welke maatregelen genomen moeten worden indien tot een bepaalde keuze wordt overgegaan. We bespreken de 'vervallen' keuzemogelijkheden van boven naar beneden:

- Bij de capaciteitsuitbreiding van de Volkeraksluizen is versnelling van het schutproces en daarna eventueel aanleg van de vierde kolk de meest aantrekkelijke optie in vergelijking met verbreding of verlenging van bestaande beroepskolken (zie paragraaf 4.2.).
- De diverse extra maatregelen voor zoetwatervoorziening uit onderliggende rapporten zijn doorgestreept. Het gaat hier om maatregelen zoals een bellenscherm in de Nieuwe Waterweg, kortsluiting van Lek en Hollandsche IJssel en gescheiden aan- en afvoer van landbouwwater naar Goeree-Overflakkee. Deze maatregelen kunnen meestal onafhankelijk van de hoofdkeuzes worden genomen. Daarnaast is reeds besloten tot aanleg van de Roode Vaart: deze verbindt het Hollandsch Diep met de rivier de Mark, en dit verbetert de zoetwatervoorziening.³³
- Het zout maken van het Volkerak-Zoommeer lijkt duidelijk goedkoper via de Oosterschelde (= installatie van een doorlaatmiddel in de Philipsdam) dan via een open verbinding met de Grevelingen. Via de Oosterschelde zijn de investeringskosten 43 miljoen euro en via de Grevelingen gaat het om 60 miljoen euro (zie Stratelligence, 2012e, p. 15). Wel moet bij het bepalen van de kosten bij de Grevelingen als berging rekening worden gehouden met kostenvoordelen als zou zijn gekozen voor een open verbinding tussen Volkerak-Zoommeer en de Grevelingen.
- Een andere afvoerverdeling (meer over de Waal om de Nederrijn-Lek te ontzien) lijkt niet gunstig voor het beperken van de kosten voor veiligheid. Het zorgt waarschijnlijk zelfs voor aanzienlijke extra kosten (zie Deltares, 2013, p. 25). Deze optie kan daarom vervallen.

Uitgaande van de gesnoeide beslisboom (figuur B2.3) wordt in de volgende drie paragrafen telkens een van de drie strategische keuzes rond de waterkwaliteit in het Volkerak-Zoommeer, de waterkwaliteit in het Grevelingen en de Grevelingen als waterberging voor waterveiligheid nader geanalyseerd. Daarbij wordt gekeken in hoeverre de reële-optiebenadering hierbij behulpzaam is.

Bijlage 2.3 Waterkwaliteit in het Volkerak-Zoommeer³⁴

Schets van de situatie en het probleem

Sinds 1994 groeien er in de zomer te veel blauwalgen in het Volkerak-Zoommeer. Dit komt door de aanvoer van meststoffen vanuit de Brabantse rivieren en het Hollandsch Diep, in combinatie met de geringe doorstroming van water in het meer. Blauwalgen maken gifstoffen aan. Veel blauwalgen kan water ongeschikt maken als zwemwater, mensen kunnen ernstig ziek worden en vogels en vissen kunnen erdoor sterven. Het dieptepunt was de zomer van 2002 toen ruim 5000 watervogels stierven. Het giftige water is ook voor de landbouw niet meer goed bruikbaar. Bovendien geeft het afsterven van blauwalgen in de (na)zomer een enorme stankoverlast.

³³ In Stratelligence (2012e) wordt aanleg van de Roode Vaart ook nog als zoetwatermaatregel genoemd. Dit project is belangrijk voor zoetwatervoorziening voor natuur en landbouw in West-Brabant en Zeeland. Het water van de Roode Vaart komt ook weer terug in het centrum van Zevenbergen en dit zorgt voor een aantrekkelijker centrum. Dit project wordt vooral gefinancierd door de diverse lokale overheden (gemeente Moerdijk, waterschap Brabantse Delta en de provincies Zeeland en Noord-Brabant); daarnaast levert het ministerie van I&M een financiële bijdrage.

³⁴ Belangrijkste bronnen van informatie zijn hier Stratelligence (2012d en e) en Stuurgroep Zuidwestelijke Delta (2009).

Sinds 2005 is de kwaliteit van het water verbeterd: er zijn duidelijk minder algen en het doorzicht is toegenomen (zie Stratelligence, 2012d, p. 14). Dit lijkt te komen door het grote aantal van de exotische quaggamossel. Dit zorgt ervoor dat het totale watervolume van het Volkerak-Zoommeer in ongeveer 5 dagen wordt gefilterd. Een andere verklaring is een verminderde aanvoer van meststoffen. Ondanks de verbetering van de kwaliteit van het water is nog steeds sprake van overmatige blauwalgengroei en wordt nog steeds duidelijk niet voldaan aan de normen in de Kaderrichtlijn Water. Ook kan de dichtheid van de quaggamossel fors gaan dalen, bijvoorbeeld als gevolg van parasieten. Klimaatverandering kan via temperatuurstijging de blauwalgengroei op lange termijn versterken.

In het kader van Ruimte voor de Rivier is in 2012 besloten het Volkerak-Zoommeer bij extreem hoog water in het Hollandsch Diep als waterberging in te zetten. Daarnaast is al besloten tot aanleg van de Roode Vaart: deze verbindt het Hollandsch Diep met de rivier de Mark, en dit verbetert de zoetwatervoorziening.

Het alternatief

In de KBA Waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer (Stratelligence, 2012d) worden diverse alternatieven voor het zout maken van het Volkerak-Zoommeer vergeleken met een basisalternatief waarin het Volkerak-Zoommeer zoet blijft.

Uitgangspunt in alle drie zoute projectalternatieven is dat een doorlaatmiddel in de Philipsdam zorgt voor een open verbinding met de zoute Oosterschelde. Hierdoor zal er ook een beperkt getij komen in het Volkerak-Zoommeer. Daarnaast zal de Bathse spuisluis, dat wil zeggen de sluis die overtollig water van het Volkerak-Zoommeer loost naar de Westerschelde, een doorspoelfunctie krijgen. Het op deze wijze zout maken van het Volkerak-Zoommeer lost de blauwalgproblematiek op. Daarnaast worden enkele aanvullende maatregelen genomen, zoals zoet-zoutscheidingen bij de Volkeraksluizen. Tot slot worden overbodig geworden zoet-zoutscheidingen ontmanteld, zoals die bij de Krammersluizen.

In de drie zout-alternatieven (in de rapporten A, B en C genoemd) worden in steeds sterkere mate extra maatregelen voor verbetering van de zoetwatervoorziening genomen. De kosten van de drie zoutalternatieven zijn ruwweg 50 miljoen euro, 150 miljoen euro en 200 miljoen euro (allemaal contante waarde). Van deze 3 alternatieven lijkt alternatief C duidelijk het meest aantrekkelijk (zie Stratelligence, 2012d). Voor onze analyse van de meerwaarde van de reële-optiebenadering gaan we daarom uit van dit alternatief (zie onderstaande tabel).

De kosten van dit alternatief zijn bijna 200 miljoen euro. Ze bestaan uit kosten om het Volkerak-Zoommeer zout te maken, de kosten ter voorkoming van zoutindringing en diverse maatregelen om de zoetwatervoorziening te verbeteren.

De baten van dit alternatief om het Volkerak-Zoommeer zout te maken, kunnen voor een belangrijk deel in geld worden uitgedrukt.³⁵ De maatschappelijke baten bij de landbouw

³⁵ Allerlei indirecte economische effecten, zoals extra werkgelegenheid in de recreatie of mosselwekerij of extra opbrengsten voor het agrocomplex, zijn hierbij niet meegenomen. Het gaat hier namelijk vooral om verdringing van werk en inkomen in andere regio's of andere bedrijfstakken in Nederland. Deze dragen dan niet bij aan een vergroting van de

kunnen worden gelijk gesteld aan de toename van de waarde van de landbouwgrond. Deze neemt naar schatting met 41 miljoen euro toe, omdat door de verbeterde zoetwatervoorziening er vaker kan worden beregend en dit vermindert de droogteschade van de landbouw.³⁶ Een zout Volkerak-Zoommeer biedt nieuwe mogelijkheden voor de mosselkwekerij. Maar gelet op de dominante marktpositie van de Nederlandse mosselkwekers kan de 20% extra productie waarschijnlijk alleen worden afgezet door de prijzen te verlagen. Omdat een generieke prijsdaling ook de overwinst van de 'reeds bestaande' mosselkweek verlaagt én omdat het voor een groot deel buitenlandse consumenten zijn die profiteren van deze prijsdaling, kan dit leiden tot een fors negatief welvaartseffect voor Nederland, bijvoorbeeld in de orde van grootte van 180 miljoen euro³⁷. Ontmanteling van de huidige zoet-zoutscheiding vermindert de wachttijden en levert dus reistijdbaten op voor de scheepvaart. Een zout Volkerak-Zoommeer met beperkt getij is ook aantrekkelijker om te wonen en recreëren.

Tabel B2.0.1 Kosten en baten zout alternatief C voor het Volkerak-Zoommeer (verschil t.o.v. basisalternatief zoet), mln euro in contante waarde.

Baten	
Landbouw (= baten door extra zoetwatermaatregelen)	41
Visserij: mosselopbrengst	-179
Wachttijd beroepsvaart minder	11
Recreatie	4
Woningwaarde	1
Totaal baten gemonetariseerd	-122
Milieu (voor zover niet in recreatie en woningwaarde)	+?
Overige baten, niet gemonetariseerd	+?
Kosten van investeringen, onderhoud en exploitatie	199
Zoutmaken van VZ en voorkomen zoutindringing	88
Kosten extra zoetwatermaatregelen (incl. Roode Vaart)	111
MKBA saldo (exclusief niet gemonetariseerde baten)	-321

Het zout maken van het Volkerak-Zoommeer is een manier om te voldoen aan de Kaderrichtlijn Water. De verbetering van de estuariene dynamiek is een mogelijk milieuvoordeel van het zout maken van het Volkerak-Zoommeer. Hoe groot dit voordeel is, is onduidelijk. In een zoet meer gedijen geheel andere planten en dieren dan in een zout meer; overgang van zoet naar zout zorgt daarom zowel voor nieuwe natuurwaarden als

maatschappelijke welvaart in heel Nederland. Deze principes worden toegelicht in de nieuwe algemene MKBA leidraad (zie Romijn en Renes, 2013, paragraaf 3.4.2 Directe en indirecte effecten, zie bijv. p. 67 over indirecte arbeidsmarkteffecten).

³⁶ Zie Stratelligence (2012d), p. 41 en LEI (2009).

³⁷ Bij deze berekening zijn de volgende veronderstellingen en berekeningen gebruikt. 20% extra productie van Nederlandse verse mosselen betekent bij een wereldmarktaandeel van 50% een 10% stijging van het aanbod op de wereldmarkt (vooral Vlaanderen). Een prijselasticiteit van -0,5 (volgens Andreyeva, et al, 2010 varieert de prijselasticiteit van voedingsmiddelen en niet alcoholische dranken tussen -0,27 en -0,81) betekent bij een daling van de prijs met 20% dat de vraag met 10% stijgt; dit is precies voldoende om het extra aanbod van 10% te verwerken. De prijsdaling met 20% dat de Nederlandse mosselkwekers nog maar beperkte winst maken over de extra afzet (13 miljoen euro) en veel minder winst maken over de oude afzet (-230 miljoen euro); per saldo neemt hun winst af met 217 miljoen euro. Aangezien 85% van de Nederlandse mosselen wordt geëxporteerd wordt dit negatieve effect op de winst van Nederlandse mosselkwekers maar in zeer beperkt gecompenseerd door het voordeel van Nederlandse consumenten vanwege lagere prijzen over de oude afzet (35 miljoen euro) en consumentensurplus over de extra afzet (3 miljoen euro).

vernietiging van oude. Voorts is van belang dat het Volkerak-Zoommeer is aangewezen als extra waterberging. Als het Volkerak-Zoommeer zout wordt, dan betekent dit dat het gebruik van deze waterberging zorgt voor een zoete golf over een zout meer; dit zorgt incidenteel mogelijk voor grote negatieve effecten op planten en dieren. Een dergelijk effect is aanzienlijk kleiner bij een zoet Volkerak-Zoommeer.

Daarnaast zijn er nog andere mogelijke baten, zoals besparing op kosten van beheermaatregelen voor waterkwaliteit en vermindering van de wateroverlast (een doorlaatmiddel in de Philipsdam biedt extra mogelijkheid tot snelle afvoer richting de Oosterschelde in geval van extra wateroverlast). Deze baten worden echter als niet groot geschat (zie Stratelligence, 2012d).

Volgens bovenstaand overzicht van kosten en baten van het zout maken van het Volkerak-Zoommeer is het MKBA saldo 321 miljoen euro negatief; daartegen staan vooral mogelijke baten in de vorm van milieu en natuur. De gemonetariseerde baten betreffen vooral lokale baten, dat wil zeggen baten voor lokale ondernemers en burgers.

Volgens de MKBA-systematiek moeten aparte projecten ook zoveel mogelijk apart worden beoordeeld (zie ook paragraaf 2.5 over synergie-effecten met andere investeringsprojecten). In bovenstaand projectalternatief lijkt sprake te zijn van twee projecten: het verbeteren van de zoetwatervoorziening en het zout maken van het Volkerak-Zoommeer. Voor de transparantie en kwaliteit van de besluitvorming zou het daarom goed zijn de kosten en baten van beide projecten goed te scheiden en vervolgens stapsgewijs over beide projecten te besluiten.

De reële-optiewaarde van uitstel

Voor een optimale keuze is het belangrijk dat niet alleen wordt gekeken naar de netto baten van nu investeren, maar dat ook expliciet wordt gekeken wat de kosten en baten zijn van eventueel uitstel. Dit is een van de kernideeën achter de reële-optiebenadering. Belangrijkste baten van uitstel zijn:

- Uitstel van investeringen levert een rentevoordeel op (dit inzicht kan ook bij een gewone netto contante waarde analyse worden meegenomen).
- Meer zekerheid of kwaliteit van het zoetwater verbetert zonder overgang op zout water met getij;
- Nieuwe inzichten, bijvoorbeeld over techniek van zoet-zoutscheiding, schade voor landbouw, andere opties voor verbetering zoetwatervoorziening en synergie met andere projecten.

Hiertegenover staan mogelijke kosten van uitstel:

- Uitstel van de baten van overgang op zout water met getij;
- Mogelijk verlies van synergievoordelen met andere projecten.

Wat eenvoudige veronderstellingen kunnen inzicht geven in de waarde van de optie van dergelijk uitstel (zie ook bovenstaande tabel); gemakshalve kijken we alleen naar de gemonetariseerde kosten en baten.

Tabel B2.2 De reële-optiebenadering voor een zout Volkerak-Zoommeer

	C	Niets doen en 30% kans op autonome verbetering	C uitstel 10 jaar	C uitstel 10 jaar (= 30 % niets doen)
Baten	57	17	29	37
w.v. landbouw	41	12	21	27
w.v. mosselopbrengst	-179	0	-90	-63
w.v. overig	16	5	8	10
Kosten	199	0	100	70
MKBA-saldo (exclusief niet gemonetariseerde effecten)	-321	17	-161	-95

Uitstel van besluitvorming kan nog aantrekkelijke nieuwe opties opleveren. Stel bijvoorbeeld dat de kans dat de waterkwaliteit zich autonoom blijft verbeteren 30% bedraagt. Stel dat de extra baten van waterkwaliteit vergelijkbaar zijn met die van zoutalternatief C, maar dan exclusief de specifieke effecten voor de mosselkwekerij. De verwachte netto baten zijn dan 17 miljoen euro. Een andere optie is over 10 jaar het Volkerak-Zoommeer zout te maken via alternatief C. Bij een discontovoet van 5,5% betekent dit ruwweg een halvering van kosten, baten en netto baten. De verwachte netto baten zijn dan -161 miljoen euro. In vergelijking met het Volkerak-Zoommeer direct zout maken, is dit een aanzienlijke besparing.

De opties van nietsdoen en uitstel van C met 10 jaar kunnen ook worden gecombineerd. Als met 30% kans de waterkwaliteit autonoom verbetert, wordt niets gedaan. Maar als dit met 70% kans niet zo is, dan wordt alsnog het Volkerak-Zoommeer zout gemaakt conform 'C met 10 jaar uitstel'. De verwachte waarde van deze optie is -95 miljoen euro en dat is duidelijk beter dan direct investeren in het zout maken van het Volkerak-Zoommeer. Deze optie is aantrekkelijk als milieubaten en voldoen aan de kaderrichtlijn water belangrijk worden gevonden.

Deze zeer ruwe sommetjes geven een eerste indicatie van de mogelijke baten van uitstel. Dergelijke sommetjes kunnen helpen bij het zoeken naar veelbelovende investeringsalternatieven.

De optie actief visstandbeheer

De reële-optiebenadering benadrukt het belang van kennis verzamelen en experimenteren. Voor het verbeteren van de waterkwaliteit in het Volkerak-Zoommeer zou daarom ook nog eens goed gekeken kunnen worden naar actief visstandbeheer (zie Witteveen en Bos, 2008). In de jaren negentig zijn hiermee in het Veluwemeer-Drontermeer goede ervaringen opgedaan. Daar was ook sprake van een toestroom van fosfaten die zorgden voor algengroei en ondoorzichtig water. Het stoppen van de fosfaatstroom leverde geen oplossing. Het

massaal afvangen van de brasems zorgde wel voor een doorbraak.³⁸ Hierdoor konden mosselen en waterplanten zich ontwikkelen, zorgden de mosselen voor het filteren van water, verbeterde het doorzicht van het water, nam het aantal vissoorten toe van 9 naar 20 en waren er positieve effecten voor planten- en mosseletende vogels. Het lijkt ook een zeer kosteneffectieve maatregel: volgens Witteveen en Bos (2008, bijlage II) gaat het slechts om 2 miljoen euro. Wel wordt opgemerkt dat voor deze optie een zeer goede communicatie met alle betrokkenen, zoals beroepsvissers, sportvissers, natuurorganisaties en omwonenden, noodzakelijk is.

De optie Roode Vaart

De aanleg van de Roode Vaart is een van de zoetwatermaatregelen in het alternatief om het Volkerak-Zoommeer zout te maken. Inmiddels is besloten deze Roode Vaart aan te leggen. Dit past ook goed in het MKBA-principe dat over aparte projecten aparte analyses en besluitvorming moeten worden gemaakt. Maar het kan ook worden gezien als een toepassing van de reële-optiebenadering (zie Van Rhee, 2013).

Boven werd gesuggereerd dat uitstel van besluitvorming een pakket van extra zoetwatermaatregelen en het zout maken van het Volkerak-Zoommeer (alternatief C) verstandig lijkt. Maar de reële-optiebenadering suggereert om te kijken in hoeverre uit dit totale pakket niet een beperkte specifieke investering kan worden geselecteerd die wel op korte termijn rendabel is. In dit geval kon ook gebruik worden gemaakt van specifieke synergie-effecten met andere investeringsprojecten: terugkeer van de Roode Vaart in het centrum van Zevenbergen maakt dit centrum een stuk aantrekkelijker en biedt extra mogelijkheden voor herinrichting. Ook bij enkele van de andere zoetwatermaatregelen in het projectvoorstel om het Volkerak-Zoommeer zout te maken kan een dergelijke aanpak succesvol zijn.

Bijlage 2.4 Waterkwaliteit in de Grevelingen³⁹

Schets van situatie en probleem

Door het wegvallen van getij is in de dieper gelegen delen van het Grevelingenmeer een gebrek aan zuurstof ontstaan. De laatste jaren neemt het zuurstofgebrek toe: zuurstofloze condities komen het hele jaar voor in diepe putten en breiden zich vooral in de zomer uit naar ondiepere delen van het meer. Dit leidt in toenemende mate tot problemen met betrekking tot water- en natuurkwaliteit. De zuurstofloosheid heeft nadelige gevolgen voor organismen die op en in de bodem leven. Door de geringe waterbeweging zakt organisch materiaal naar de bodem; dit heeft tot een dikke sliblaag van 30 tot 40 cm geleid. Door de zeer lage zuurstofconcentraties zijn wollige witte bacteriematten ontstaan; deze matten breiden zich uit en komen meer en meer aan de oppervlakte van de waterbodem. In 2005,

³⁸ Brasems zijn relatief grote vissen die actief de bodem omwoelen op zoek naar voedsel. Dit zorgt voor veel opwervend slib met fosfaten die eerst vast in de bodem zaten. Dit opwervend slib houdt plantengroei tegen en zorgt er ook voor dat de snoek zijn prooi niet meer kan zien. Hierdoor verdwijnt de snoek en kan er steeds meer brasem komen die het water verder vertroebelt. Deze negatieve spiraal kan worden doorbroken door de brasem grotendeels weg te vissen en roofvis uit te zetten.

³⁹ Als belangrijkste bronnen van informatie zijn gebruikt: Stratelligence (2012e) en Bestuurlijke Commissie MIRT-Verkenning Grevelingen (2012).

2006 en 2010 werd in de Grevelingen grote sterfte van het bodemleven, zoals oesters, waargenomen. Het doorzicht van het water is ook gestaag aan het verminderen.

Vergelijking van de alternatieven

In onderstaande tabel worden diverse maatregelen vergeleken om de waterkwaliteit in het Grevelingenmeer te verbeteren.

Tabel B2.3 Vergelijking kosten en baten diverse maatregelen om waterkwaliteit Grevelingenmeer te verbeteren (mln euro)

	Jaarlijks	Contante waarde
	mln euro	
Alternatief 1. Doorlaat Brouwersdam		
Getij via doorlaat Brouwersdam, kosten		332
investeringskosten		194
jaarlijkse kosten onderhoud e.d.	11,7	138
Aanpassen buitendijkse oeverbescherming tegen schade getijdeslag		12
investeringskosten		10
jaarlijkse kosten (1,5% van investering)	0,2	2
Totaal kosten doorlaat & oeverbescherming		344
Baten doorlaat Brouwersdam, gemonetariseerd		
verblijfsrecreatie en watersport	0,5	6
mosselweek		-179
Overige baten, niet gemonetariseerd: natuur? (overige kosten?)		?
MKBA doorlaat Brouwersdam (exclusief niet-gemonetariseerde effecten)		-517
Alternatief 2. Spuisluis en bellenschermen		
Flakkeese spuisluis weer in gebruik		5
Bellenschermen of solarbees		27
investeringskosten		17
beheer & onderhoud: 1,5% van investering + 0,6 mln euro energie	0,9	10
Totale kosten		32
Baten		?
MKBA saldo spuisluis en bellenschermen		?

Alternatief 1: Doorlaat in de Brouwersdam

Via een doorlaat in de Brouwersdam kan getij worden teruggebracht in de Grevelingen. Behalve de investerings-, onderhouds- en exploitatiekosten moet bij dit alternatief ook kosten voor het beschermen van de buitendijkse oevers tegen getijslag worden meegenomen. De contante waarde van deze kosten bij dit alternatief is 344 miljoen euro. Daartegenover staan diverse baten, vooral voor recreatie. Gemonetariseerd gaat het hier om -173miljoen euro⁴⁰, zodat het MKBA-saldo -517 miljoen euro is. Hierbij zijn een aantal baten nog niet meegeteld, zoals die voor milieu/natuur en landschapsbeleving die niet via de baten van recreatie zijn meegenomen.

⁴⁰ De cijfers zijn ontleend aan Stratelligence (2012e), waarbij net als bij de baten voor een zout Volkerak-Zoommeer verdringingseffecten buiten beschouwing zijn gebleven en de maatschappelijke baten van extra mosselopbrengst net als bij het zout maken van het Volkerak-Zoommeer zijn berekend (zie voetnoot 37).

Alternatief 2: Spuisluis en bellenschermen

Ook zonder invoering van getij kan de waterkwaliteit in het Grevelingen worden verbeterd. Door de Flakkeese spuisluis weer in gebruik te nemen kan weer enige uitwisseling met de Oosterschelde plaatsvinden. Dit zorgt voor een toename van de dynamiek in de directe omgeving van de sluis en dus voor een lokale verbetering van de waterkwaliteit. Voor het gehele meer is hiervan geen effect te verwachten. Een verbinding met de Oosterschelde zal lokaal een aantrekkingskracht hebben op vis. De kosten van deze maatregel zijn 5 miljoen euro.

Het water in het Grevelingenmeer kan ook kunstmatig in beweging worden gebracht om zo het gebrek aan zuurstof te verminderen. Dit hoeft maar voor een beperkt deel van de Grevelingen. Zo is in water ondieper dan 1,25 m genoeg waterbeweging door wind aanwezig om zuurstofloosheid tegen te gaan. De kunstmatig opgewekte waterbeweging hoeft ook niet toegepast te worden in de diepe putten en geulen, omdat daar de zuurstofloosheid slechts een beperkt negatief effect heeft op de ecologie en de duiksport. De laatste jaren lijken de zuurstofloze omstandigheden zich ook te verspreiden naar delen ondieper dan 10 m. Dit laatste is zeer onwenselijk. Het lijkt daarom verstandig de kunstmatig opgewekte waterbeweging vooral hier in te zetten. Dit betekent dat de kunstmatig opgewekte waterbeweging op de Grevelingen wordt ingezet in het gebied tussen 1,5 m en 10 m diepte. Naar schatting is dat een oppervlak van 5000 ha. De verticale waterbeweging kan worden opgewekt met bellenschermen of Solarbees. Een Solarbee is een drijvende pomp aan het wateroppervlak die op zonne-energie werkt. Het water wordt in beweging gebracht door water vanuit de diepte op te pompen en aan het oppervlak weer uit te laten.

De kosten van bellenschermen of solar bees worden geschat op 27 miljoen euro. Wat de bijbehorende baten voor recreatie en natuur zijn is niet duidelijk. Daarnaast gaat het hier om innovatieve technieken die mogelijk ook in andere projecten bruikbaar zijn. Ook de optiewaarde van deze mogelijke baten moet worden meegenomen.

Wel of geen getij in Grevelingen?

Uitgaande van bovenstaande informatie is introductie van getij in de Grevelingen via een doorlaat in de Brouwersdam een kostbare investering (344 miljoen) waartegen per saldo negatieve gemonetariseerde baten staan (-173 miljoen euro) en daarnaast nog natuurbaten.

Investeren in een spuisluis en bellenscherm gaat om een veel beperkter investeringsbedrag. Hier is de omvang van de baten nog volledig onzeker. Stel gemakshalve dat de baten hier alleen uit natuurbaten bestaan. De investeringsstrategie om de natuur te verbeteren via een spuisluis en bellenscherm is dan ruwweg 15 maal zo goedkoop als via een doorlaat in de Brouwersdam. Als de verwachte natuurbaten van een spuisluis en bellenscherm duidelijk meer dan een vijftiende zijn van die via een doorlaat, is dat de meest kosteneffectieve keus bij direct investeren.

Tabel B3.4 Reële-optiebenadering voor verbetering waterkwaliteit Grevelingen

	Direct doorlaat Brouwersdam	Direct spuisluis en bellen-schermen	Doorlaat met 10 jaar uitstel	Direct spuisluis en bellenschermen en 50% kans op doorlaat met 10 jaar uitstel
MKBA saldo exclusief natuurbaten	-517	-32	-258	-161

Uitstel van het investeren met 10 jaar levert bij een discontovoet van 5,5% ruwweg een halvering van de kosten op. Hiertegenover staat ook een halvering van de gemonetariseerde baten. Door uitstel met 10 jaar verbetert het MKBA saldo van een doorlaat in de Brouwersdam met 258 miljoen euro. Het betekent ook dat de natuurbaten worden uitgesteld.

Reële-optiebenadering

Volgens de reële-optiebenadering is het vaak verstandig om relatief kleine investeringen met een mogelijk groot rendement eerst te doen en als dit niet voldoende blijkt te zijn alsnog tot de grote investering over te gaan. In dit geval zou dat kunnen betekenen dat eerst wordt besloten om 32 miljoen te investeren in een spuisluis en in bellenschermen. Als dit niet voldoende blijkt te zijn, kan alsnog getij via een doorlaat in de Brouwersdam worden geïntroduceerd. Maar als het niet echt hard nodig is, kan de gehele investering van getij via een doorlaat worden vermeden.

Synergie-effecten met getijcentrale?

In diverse voorstellen wordt invoering van getij via een doorlaat in de Brouwersdam gecombineerd met een getijcentrale. Het gaat hier om een synergie-effect met een private investering die vanwege het innovatieve karakter misschien ook extra publieke baten heeft.

De invoering van getij in de Grevelingen betreft maar een zeer beperkt getij: 40 tot 60 centimeter. Voor een dergelijk zeer beperkt verval worden momenteel verschillende technieken ontwikkeld. Bekend en bewezen is de propeller (bulbturbine) techniek. Deze techniek leent zich voor het opwekken van waterkracht uit grote hoeveelheden water met een verval van ongeveer 4 meter. Voor de beoogde situatie in de Brouwersdam met een gemiddeld verval van 1 meter werkt deze techniek eveneens, zij het met een relatief hoge kostprijs en met een beperkte visveiligheid. Als belangrijkste alternatieve 'nieuwe techniek' is gekozen voor de hevelturbinetechniek. In de heveltechniek zuigt de waterstroom een luchtstroom aan die op zijn beurt een lucht turbine aandrijft. Vanwege het ontbreken van bewegende schoepbladen in de waterstroom is deze techniek visvriendelijk. Ook is de kostprijs per kilowatt uur naar verwachting lager dan van de bulbturbine. De heveltechniek werkt in het laboratorium, maar toepassing op grote schaal en afmeting heeft nog niet plaats gevonden.

Tabel B2.5 Niet alleen getij via een doorlaat, maar ook een getijcentrale? (mln euro, contante waarde)

	Bulbturbine	Hevelturbine	Hevelturbine optimistisch
mln euro			
Pilot getij	12,5	12,5	12,5
Getijcentrale	395	153	153
Totaal kosten investering, onderhoud en exploitatie	407,5	165,5	165,5
Extra baten getijcentrale	253	158	207
energiebaten	230	140	189
CO2-baten	13	8	8
imago & innovatie	10 (?)	10	10
visveiligheid	-	+	+
MKBA-saldo (exclusief niet gemonetariseerde effecten)	-154,5	-7,5	41,5
Bron: Stratelligence (2012e).			

Bovenstaande tabel vergelijkt de kosten en baten van beide soorten getijcentrales; verondersteld is dat beperkt getij wordt geïntroduceerd via een doorlaat in de Brouwersdam. De bulbturbine is slecht voor de visveiligheid en heeft een duidelijk negatief MKBA-saldo. Bij de hevelturbine zijn de baten ongeveer even groot als de kosten en is geen negatief effect op de visveiligheid. Als uitgegaan wordt van stijgende energieprijzen (alternatief Hevelturbine optimistisch) resulteert een beperkt positief MKBA-saldo.

Dit is duidelijk niet voldoende om de netto maatschappelijke kosten van introductie van getij via een doorlaat in de Brouwersdam (ruim 500 mln euro contante waarde) te compenseren. De toekomstige energieprijzen zijn met behoorlijke onzekerheid omgeven. Dit geldt ook voor de kosten van de heveltechniek. De energiebaten van een getijcentrale kunnen dan veel minder zijn, waardoor ook een hevelturbine dan een duidelijk negatief batensaldo oplevert.

De pompen van een getijcentrale kunnen ook worden gebruikt om water uit de Grevelingen naar zee af te voeren. Hieraan zijn beperkt extra kosten verbonden (10 miljoen euro), maar biedt een voordeel voor de waterveiligheid van Rijnmond-Drechtsteden. Bij een gematigd klimaatscenario zijn deze baten ongeveer voldoende om de extra kosten te dekken; bij het meest warme klimaatscenario levert het een netto baat van ongeveer 5 miljoen euro op.⁴¹ Ook het meenemen van deze baten voor waterveiligheid geeft daarom geen ander totaal beeld.

Het besluit om wel of geen getij te introduceren via de Brouwersdam kan - economisch gezien - dus los worden genomen van een eventuele getijcentrale. Een dergelijke centrale is pas economische rendabel als de nieuwe techniek op grote schaal werkt en als de energieprijzen hoog genoeg worden. Dit pleit voor uitstel van dit besluit, hetgeen goed past bij de ideeën achter de reële-optiebenadering.

⁴¹ Zie Deltares (2013).

De reële-optiebenadering kan hieraan toevoegen dat een belangrijke baat van uitstel van een besluit over de getijcentrale is dat meer informatie beschikbaar komt over de effectiviteit van de diverse soorten getijcentrales en van de verwachte energieprijzen. Uitstel van besluitvorming is daarom hoe dan ook verstandig.

Daarnaast kan bij de besluitvorming over deze getijcentrale worden gekeken naar de kosteneffectiviteit gegeven een specifiek beleidsdoel. Als het belangrijkste doel van de getijcentrale duurzame energiebaten is, is het logisch ook andere duurzame energieprojecten (in Nederland en erbuiten) in beschouwing te nemen. Als het belangrijkste doel van de getijcentrale innovatie is, moet worden gekeken in hoeverre andere vormen van subsidie effectiever is. Als het doel van de getijcentrale een regionale impuls is, ligt een vergelijking voor de hand met diverse andere manieren om Zeeland een lokale impuls te geven, zoals een regionaal investeringsfonds.

Bijlage 2.5 Grevelingen als berging voor extra waterveiligheid⁴²

Schets van het probleem

Voor hoogwaterbescherming van de regio Rijnmond-Drechtsteden kan het in extreme situaties, als een storm op zee samenvalt met een vrij hoge rivierafvoer, wenselijk zijn tijdelijk rivierwater te bergen in de Grevelingen; dit is in aanvulling op het gebruik van het Volkerak-Zoommeer als berging.

Waterberging kan plaatsvinden als de stormvloedkeringen gesloten zijn en voorspeld wordt dat op het Hollandsch Diep ter hoogte van de Volkeraksluizen NAP +2,6 m bereikt wordt. Zodra de Maeslantkering en de Hartelkering dichtgaan worden de spuisluizen in de Volkeraksluizen geopend. Een deel van het rivierwater stroomt via de spuisluizen naar het Volkerak-Zoommeer en vandaar via een - nog te bouwen - doorlaat in de Grevelingendam verder naar de Grevelingen. Zo kan het rivierwater zich over een groter gebied verspreiden, waardoor de waterstanden in Rijnmond-Drechtsteden minder snel zullen stijgen. Het effect is het grootst nabij het inlaatpunt van de waterbergingsgebied (= bij Volkeraksluizen), in het Hollandsch Diep en het Haringvliet.

In extreme omstandigheden moet de Maeslantkering sluiten, maar de verwachting is dat dit niet altijd goed zal gaan. Het sluiten van de kering kan mislukken door menselijk of technisch falen. Berekend is dat het sluiten van de kering gemiddeld 1 op de 100 sluitingen zal mislukken. Bij het bepalen van de benodigde dijkhoogte wordt rekening gehouden met de kans dat het sluiten niet lukt.

Waterberging is alleen aantrekkelijk als de Maeslantkering gesloten is. Als het sluiten niet lukt, wordt het waterbergingsgebied niet ingezet en treedt geen waterstanddaling op. Hoe groter de kans is op het mislukken van een sluiting van de Maeslantkering, hoe sterker de situaties zonder waterberging doorwerken in de benodigde dijkhoogte en hoe kleiner het

⁴² De belangrijkste bronnen van informatie zijn Deltares (2013) en Stratelligence (2012e).

effect is van de waterberging op de benodigde dijkhoogte. Het verkleinen van de faalkans van de Maeslantkering heeft daarom een relatie met het effect van waterberging.

Één alternatief: Grevelingen als waterberging

In het nulalternatief blijft de situatie zoals hij nu besloten is en wordt het Volkerak-Zoommeer ingezet als waterberging en wordt om aan de huidige veiligheidsnormen te voldoen geïnvesteerd in dijkversterking in Rijnmond-Drechtsteden. In het projectalternatief wordt ook de Grevelingen ingezet als waterberging en dit bespaart op de dijkversterking in Rijnmond-Drechtsteden. De maatschappelijke kosten en baten van dit projectalternatief worden in onderstaande tabel uitgezet tegen het nulalternatief. We nemen in eerste instantie de kosten en baten een-op-een over uit Deltares (2013).

De totale kosten zijn 212 miljoen euro. Hierbij is verondersteld dat bij de Volkerakdam een vierde kolk wordt aangelegd. Deze vierde kolk kan voor 28 mln euro worden aangepast opdat die ook geschikt is als doorlaatmiddel.⁴³

Tabel B2.0.6 Kosten en baten van Grevelingen als waterberging⁴⁴ (mln euro, contante waarde)

	Mln euro	
Kosten waterberging		
doorlaatmiddel Volkerakdam (extra kosten t.o.v. 4e kolk)	28	
doorlaatmiddel Grevelingendam	85	
dijkversterking Grevelingen	12	
bescherming buitendijksgebied Grevelingen	41	
aanpassen jachthavens Grevelingen	6	
onderhoud	38	
mobiele pompen voor regionale waterhuishouding	2	
schade aan Grevelingen bij gebruik als berging (ook natuur)	?	
Totale kosten (exclusief kwalitatieve posten)	212	
Baten	W+	G
besparing dijkversterking tot 2050	48	0
besparing dijkversterking 2050- 2100	73	55
vermindering buitendijkse schaderisico bij Dordrecht (= o.a. binnenstad!)	+	0
vermindering verwachte overstromingsschade	+	...
Baten (exclusief niet-gemonetariseerde effecten)	121	55
MKBA-saldo (exclusief niet-gemonetariseerde effecten)	-91	-157
Bron: Deltares (2013).		

Bij een gematigd klimaatscenario, waarin de zeespiegel de komende eeuw met 35 centimeter stijgt, is de besparing op de kosten van dijkversterking ongeveer 55 miljoen euro. Bij het meest warme klimaatscenario (85 cm zeespiegelstijging in 2100 ten opzichte van 1990) zijn de besparingen substantieel groter. Aan het eind van de eeuw gaat het in totaal om ongeveer 120 miljoen euro.

⁴³ De kosten van een vierde kolk bedragen 110 mln euro. Deze kosten zouden er dus nog eigenlijk het eerstgenoemde bedrag van 212 mln euro moeten worden opgeteld. Uit paragraaf 4.2 blijkt dat het namelijk voorlopig economisch niet rendabel is deze vierde kolk aan te leggen. De totale kosten worden dan 322 mln euro.

⁴⁴ Btw is toegevoegd en daarentegen zijn de kosten van de vierde kolk verwijderd, omdat is verondersteld dat deze reeds is aangelegd.

De besparing op de dijkversterking kan om diverse redenen (zie Deltares, 2013) groter zijn dan in bovenstaande tabel staat aangegeven:

- Als de faalkans van de Maeslantkering wordt verminderd, zal de berging vaker worden ingezet en neemt de besparing toe. Bij een vermindering van de faalkans met een factor 10 zou het kunnen gaan om 100 miljoen euro in het meest warme klimaatscenario. Vervanging van de Maeslantkering is nu na 2070 gepland en pas dan kan de faalkans van deze kering misschien substantieel worden gereduceerd.
- Als de berging ook bij partieel functioneren van de Maeslantkering kan worden ingezet, neemt de besparing toe.
- Bij de besparing is verondersteld dat sommige dijken veiliger zijn dan de huidige wettelijke veiligheidsnormen (in jargon: 'overhoogte' is ook 'oversterkte'). Als dit niet zo is, en dat lijkt waarschijnlijk, dan kan moeten de dijken meer worden versterkt en zal ook de besparing groter zijn.

Daarnaast zijn er - met name in het meest warme klimaatscenario - nog andere baten, zoals vermindering van het buitendijkse schaderisico bij Dordrecht en vermindering van de verwachte overstromingsschade. Deze baten kunnen op twee manieren worden geschat, namelijk als vermindering van verwachte schade, maar ook als de kosten om deze schade (grotendeels) te voorkomen; voor dit laatste kunnen diverse mogelijkheden relevant zijn. Deze nog niet gekwantificeerde en gemonetariseerde baten kunnen substantieel zijn.

Bij de kostenramingen is gebruik gemaakt van allerlei positieve synergie-effecten: verondersteld is dat het Volkerak-Zoommeer zout wordt, getij in de Grevelingen wordt geïntroduceerd en een vierde kolk in de Volkeraksluizen wordt aangelegd. Mogelijk zijn er nog extra besparingen (bijvoorbeeld 25 miljoen euro op de kosten van het doorlaatmiddel bij de Grevelingendam door een open verbinding, zoals een brug), maar daartegenover staan ook nog extra kosten, zoals schade aan natuur bij gebruik van de Grevelingen als berging. Zoals uit bovenstaande analyse blijkt, is het zeer de vraag of kan worden geprofiteerd van de veronderstelde grote synergie-effecten (aanleg vierde kolk, het zout maken van het Volkerak-Zoommeer en getij in Grevelingen).

Het gebruik van de Grevelingen als waterberging kan een positief economisch rendement hebben in het meest warme klimaatscenario (mits de positieve synergie-effecten ook werkelijkheid geïncasseerd kunnen worden). Dit hangt sterk af van de precieze omvang van de besparingen op dijkversterking en van de vermindering van de verwachte schade. In het meer gematigde klimaatscenario, waarin de zeespiegel maar beperkt stijgt, is investeren in waterberging op de Grevelingen duidelijk geen goede investering.

De beste investeringsstrategie is daarom af te wachten tot duidelijk is welk klimaatscenario relevant is en welke besluiten er worden genomen over de vierde kolk, het zout maken van het Volkerak-Zoommeer en getij in de Grevelingen. Dit uitstel heeft daarnaast nog drie voordelen:

- de investeringen worden uitgesteld en dit bespaart in contante waarde aanzienlijk op de kosten;
- de baten liggen veelal in de toekomst en zijn vooral relevant als de zeespiegel stijgt; als dit niet zo is kunnen de investeringen in de Grevelingen nog veel langer worden uitgesteld of zelfs geheel worden vermeden;
- er kan worden geprofiteerd van eventueel nieuwe inzichten om op kosteneffectieve manier de verwachte schade te verminderen.

Reële-optiebenadering

Bovenstaande argumentatie leidt al tot het 'no-regret' advies dat uitstel economisch gezien de meest verstandige keuze is. Het nader uitwerken voor een dergelijke uitsteloptie is een kernidee van de reële-optiebenadering.

We kunnen trachten te berekenen welke waarde die optie heeft. Beleidsmatig heeft dit in dit geval amper meerwaarde (men weet immers al wat economisch het meest verstandig is).

Tabel B2.0.7 De kosten en baten van uitstel van Grevelingen als waterberging

	Nu berging	10 jaar uitstel	25 jaar uitstel
Kosten	212	106	53
Baten bij W+	121	91	45
Baten bij G	55	41	21
MKBA saldo bij W+	-91	-15	-8
MKBA saldo bij G	-157	-65	-32
MKBA saldo bij 50% W+, 50% G	-124	-40	-20

Uitgaande van alleen de gekwantificeerde posten, kunnen de baten van uitstel als volgt worden onderbouwd:

- Stel dat het meest warme klimaatscenario en het gematigde klimaatscenario nu beide even waarschijnlijk zijn (ieder 50% kans). Nu kiezen voor Grevelingen als waterberging heeft dan een verwachte netto gemonetariseerde baat van $0,5 \times -91 \text{ miljoen} + 0,5 \times -157 \text{ miljoen euro} = -124 \text{ miljoen euro}$. Als nu definitief moet worden gekozen, is de beste keuze de Grevelingen niet als waterberging te gaan gebruiken.
- Een alternatief is echter de besluitvorming uit te stellen. Bij een discontovoet van 5,5% betekent uitstel met 10 jaar een besparing op de kosten van ongeveer 50%, dat wil zeggen met ruim 100 miljoen euro. Uitstel met 10 jaar betekent ook een daling van de baten, maar met veel minder dan 50%, omdat deze veel meer dan de kosten in de tijd zijn gespreid, bijvoorbeeld een daling van 25%. In beide klimaatscenario's leidt uitstel van de berging met 10 jaar tot een forse beperking van het negatieve economische rendement. Bij het meest warme klimaatscenario daalt dit van 91 miljoen euro tot 15 miljoen euro. Bij uitstel met 25 jaar en soortgelijke veronderstelling over kosten en baten, dalen de kosten tot een kwart en de baten tot de helft. Dan wordt het netto batensaldo in het meest warme klimaatscenario maar zeer beperkt negatief (-8 miljoen euro).

De conclusie is dan ook dat zelfs als duidelijk is dat het meest warme klimaatscenario van toepassing zal zijn, uitstel van gebruik van de Grevelingen als waterberging verstandig is.

Bijlage 2.6 Conclusies en lessen

In deze bijlage is gekeken naar drie strategische keuzes rond het Volkerak-Zoommeer en de Grevelingen. Twee vragen stonden hierbij centraal:

- Wat is de meerwaarde van de reële-optiebenadering bij de analyse van deze strategische keuzes?
- In hoeverre is sprake van synergie-effecten met de kortetermijnvervangingsopgaven bij de Volkerak- en Krammersluizen?

Een van de elementen uit onze pragmatische aanpak van de reële-optiebenadering is het opstellen van de beslisboom. Deze is in drie stappen opgesteld: eerst een globale beslisboom met de hoofdkeuzes, vervolgens een uitgebreide beslisboom met ook de relatie met operationele keuzes (zoals de vervangingsopgaven bij de Volkerak- en Krammersluizen) en tot slot een gesnoeide beslisboom door makkelijke keuzes reeds (voorlopig) te maken en door onafhankelijke operationele keuzes weg te laten.

Om de meerwaarde van de reële-optiebenadering te concretiseren zijn eerst alternatieven vergeleken op basis van een gewone kosten-batenanalyse. Door gebruik te maken van de reële-optiebenadering kunnen deze conclusies worden aangescherpt en verbeterd:

- Waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer: uitstel van besluitvorming over het Volkerak-Zoommeer heeft het voordeel dat duidelijker wordt in hoeverre de zoetwaterkwaliteit autonoom blijft verbeteren. Uitstel met een periode van bijvoorbeeld 10 jaar kan betekenen dat het negatieve MKBA-saldo sterk zal verminderen. Tevens is besloten tot aanleg van extra zoetwatermaatregelen (de Roode Vaart). Uitstel geeft meer inzicht in het probleemoplossende vermogen van de aanleg van deze vaart. Een optie die nog nader onderzocht kan worden is actief visstandbeheer.
- Waterkwaliteit Grevelingen: aanleg van een spuisluis en bellenschermen is een beperkte investering met mogelijk toch duidelijke baten voor waterkwaliteit en natuur. Als dit niet werkt en de waterkwaliteit op de Grevelingen nog steeds als een groot probleem wordt ervaren, kan eventueel alsnog - met aanzienlijke vertraging - tot invoering van getij worden besloten.
- Grevelingen als waterberging: zelfs als direct duidelijk is dat het meest warme klimaatscenario realiteit wordt, is uitstel van gebruik van de Grevelingen als waterberging verstandig. Het voordeel van uitstel neemt toe als de onzekerheid afneemt over welk klimaatscenario van toepassing is in de tijd. Ook over belangrijke andere onzekerheden, zoals over aanleg vierde kolk, het zout maken van het Volkerak-Zoommeer en invoering van getij in de Grevelingen, zal door uitstel betere informatie beschikbaar zijn.

De meerwaarde van de reële-optiebenadering voor de beschouwde strategische keuzes zijn dus beperkt te noemen.

Bij de drie strategische keuzes speelden mogelijke synergie-effecten met andere publieke en private investeringen een belangrijke rol, bijvoorbeeld tussen het verbeteren van de zoetwatervoorziening van het Volkerak-Zoommeer en het zout maken van het Volkerak-Zoommeer, en tussen introductie van getij in het Grevelingen en een getijcentrale. In dergelijke gevallen moeten verschillende projecten worden onderscheiden en deze eerst apart in termen van kosten en baten worden geanalyseerd. Daarna kan als extra stap worden gekeken naar de synergie-effecten.

De investeringsprojecten samenhangend met de drie strategische keuzes kunnen ook synergie-effecten hebben met de kortetermijnvervangingsopgaven bij de Volkerak- en Krammersluizen. Analyse in deze bijlage gaf echter aan dat hier maar in zeer beperkte mate sprake van is. Bij de uitbreidingsvraag van de Volkeraksluizen kan op termijn aanleg van de vierde kolk verstandig zijn; dit bespaart dan ook op de kosten van het gebruik van de Grevelingen als waterberging. Een besluit over dit laatste dient bij voorkeur uitgesteld te worden en is dan alleen relevant als het meest warme klimaatscenario van toepassing blijkt te zijn. Bij het vervangen van de zoet-zoutscheiding van de Krammersluizen is 1 op 1-vervanging erg duur. Als het bellenscherm als oplossing niet afdoende werkt, kan daarom worden gekeken naar alternatieve of aanvullende oplossingen. Bijvoorbeeld het accepteren en compenseren van zoutschade bij de landbouw. Deze optie is vooral aantrekkelijk als met weinig vertraging wordt besloten het Volkerak-Zoommeer zout te maken.



Dit is een uitgave van:

Centraal Planbureau
Van Stolkweg 14
Postbus 80510 | 2508 GM Den Haag
T (070) 3383 380

info@cpb.nl | www.cpb.nl

Mei 2014